



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Diseño de un sistema de aire acondicionado con energía solar
para prácticas estudiantiles en la Universidad Cesar Vallejo –
2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

AUTOR:

Br. Suarez Chira, Miguel Ángel (ORCID: 0000-0001-8907-1101)

ASESOR:

Mg. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Trasmisión y Distribución

CHICLAYO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi padre:

José Suarez Nanquén, por ser mi mejor amigo, consejero y ejemplo a seguir. Esta tesis y todo lo que logre hacer será gracias a su fortaleza, virtudes y valores inculcados en mí.

AGRADECIMIENTO

Gracias primeramente a Dios por la vida y darme la sabiduría de poder seguir luchando por mis sueños y metas, a mis queridos padres y hermanos, ya que gracias a ustedes yo ahora estoy por concluir esta formación profesional, por ese gran esfuerzo de mis padres de brindarme su apoyo siempre, por sus buenos consejos, por sus enseñanzas y por mucho más, estoy muy agradecido por todo lo que hicieron por mí, seré un gran orgullo para ustedes y a mi familia que aportaron en la etapa de mi formación profesional.

Agradezco también a mi esposa por sus palabras y confianza, por su amor y brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente a mi hijita por su afecto y su cariño que ha hecho en mí que busque el esfuerzo de mis ganas de buscar lo mejor para ti.

También quisiera agradecer a todos los docentes por las enseñanzas que me brindaron durante mi formación profesional.

Y por último agradecer a todas mis amistades por brindarme su apoyo en los momentos más difíciles que tuve que pasar para poder concluir esta carrera profesional.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	9
2.1. Diseño de Investigación.....	9
2.2. Variable, Operacionalización.....	10
2.3. Población y Muestra.....	13
2.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.....	13
2.5. Métodos de Análisis de Datos.....	15
2.6. Aspectos Éticos.....	16
III. RESULTADOS.....	17
3.1. Cargas Térmicas.....	25
3.2. Determinar el Potencial de nivel de Radiación solar, realizando mediciones en las instalaciones del Campus UCV-Chiclayo.....	24
3.3. Seleccionar los dispositivos del sistema de aire acondicionado, el cual utiliza el sistema de absorción de calor.....	50
3.4. Realizar una evaluación económica, utilizando indicadores económicos, tales como Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio Costo.....	59

IV.	DISCUSIÓN.....	64
V.	CONCLUSIONES.....	65
VI.	RECOMENDACIONES.....	66
	REFERENCIAS.....	67
	ANEXOS.....	69

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado; “DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CON ENERGÍA SOLAR PARA PRACTICAS ESTUDIANTILES EN LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – 2019”, está enmarcado dentro de los estudios de utilización de energía no convencional, y tiene como objeto de estudio diseñar un sistema que utilice la energía del sol a fin de accionar el sistema de aire acondicionado en un ambiente destinado a práctica de estudiantes, específicamente a una oficina administrativa ubicada dentro de un laboratorio del Campus UCV Filial Chiclayo.

El accionamiento del sistema de aire acondicionado propuesto es por energía solar, es decir se emplea en sistema de refrigeración por absorción, en el cual el incremento de la presión del líquido refrigerante es por el incremento de temperatura, que se produce en el generador del sistema, el cual transfiere energía en términos de radiación solar en incrementar la temperatura del líquido refrigerante del sistema.

La investigación se inicia con la cuantificación de las cargas térmicas en el lugar que, en función a la cantidad de objetos y ocupantes, así como también al calor sensible que se emite cada uno de ellos, se estableció que la carga térmica es de 5247.25 Watt, que es el calor que se extrae con el sistema de refrigeración por absorción. Luego se realiza la evaluación del potencial de energía solar, para lo cual se hicieron las mediciones de los niveles de radiación solar en el campus de la UCV Filial Chiclayo, en que previamente se elaboró un protocolo de mediciones, y con el instrumento calibrado, se tomó las lecturas; dichas mediciones fueron analizadas por el método probabilístico de Weibull, a fin de determinar la probabilidad de ocurrencia durante cada mes. Se determinó que el valor de radiación solar es de 5.51 KW-h/m², con una probabilidad de ocurrencia de 96.5%, que será el valor que se utiliza en el balance térmico en el colector solar del sistema de refrigeración por absorción.

Se hizo la selección de cada uno de los elementos que conforman el sistema, de acuerdo a la carga térmica y a los niveles de radiación solar, utilizando las ecuaciones de transferencia de

calor, finalmente, se realizó el análisis económico, con el valor actual neto, tasa interna de retorno y relación beneficio costo, para determinar la factibilidad de ejecución de la propuesta.

Palabras Claves: Nivel de radiación solar, absorción, transferencia de calor.

ABSTRACT

The present research work called; "DESIGN OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM WITH SOLAR ENERGY FOR STUDENT PRACTICES IN THE CESAR VALLEJO UNIVERSITY - 2019", is framed within the studies of unconventional energy utilization, and aims to design a system that uses the energy of the sun in order to operate the air conditioning system in an environment intended for student practice, specifically to an administrative office located within a laboratory of the UCV Filial Chiclayo Campus.

The drive of the proposed air conditioning system is by solar energy, that is, it is used in absorption cooling system, in which the increase in the pressure of the coolant is due to the increase in temperature, which occurs in the system generator, which transfers energy in terms of solar radiation in increasing the temperature of the system's coolant.

The investigation begins with the quantification of the thermal loads in the place, that in function to the quantity of objects and occupants, as well as to the sensible heat that each one of them is emitted, it was established that the thermal load is of 5247.25 Watt, which is the heat that is extracted with the absorption cooling system. Then the evaluation of the solar energy potential is carried out, for which the measurements of the solar radiation levels were made on the campus of the UCV Filial Chiclayo, in which a measurement protocol was previously developed, and with the calibrated instrument, took the readings;

These measurements were analyzed by the Weibull probabilistic method, in order to determine the probability of occurrence during each month. It was determined that the value of solar radiation is 5.51 KW-h / m², with a probability of occurrence of 96.5%, which will be the value used in the thermal balance in the solar collector of the absorption cooling system.

The selection of each of the elements that make up the system was made, according to the thermal load and the levels of solar radiation, using the heat transfer equations, finally, the economic analysis was carried out, with the net present value, internal rate of return and cost benefit ratio, to determine the feasibility of executing the proposal.

Keywords: Level of solar radiation, absorption, heat transfer.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 A nivel Internacional

“Una de las áreas de vital importancia es sin duda la Energética, en la actualidad son varias las perspectivas que se desarrollan en la industria de los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC/R). Por ejemplo, haciendo énfasis a un crecimiento vertiginoso de mercado, panorama de trabajo y oportunidad ocupacional podemos estar hablando que se vuelve indispensable estudiar a fondo esta temática. Ya en el plano de la formación académica de los estudiantes de la carrera de ingeniería Electromecánica se ha partido de algunas investigaciones a fines a la nuestra, sin embargo, surge la necesidad de nuevos campos de estudio y experimentación que hace necesario no solo plantear una premisa subjetiva sino objetiva, que este orientada a que tanto estudiantes como docentes tengamos la oportunidad de adquirir conocimientos no solo teóricos sino prácticos. Sin lugar a dudas esta forma traerá consigo buenos resultados” (Jumbo Quichimbo & Macas Curipoma, 2009)

1.1.2. A nivel Nacional.

En el Perú según información publicada en la página de Sunedu hay 51 universidades públicas y 92 universidades privadas, una parte importante de ellas cuentan con la carrera de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Ingeniería en Energía para lo cual necesitan la implementación de laboratorios especializados en las diversas áreas de formación de la carrera. (SUNEDU, 2016)

La formación en la línea de ventilación, aire acondicionado y refrigeración es importante dentro de la formación de un Ingeniero Mecánico o Mecánica Electricista debido al rápido crecimiento de la industrial, por este motivo el contar con laboratorios especializados en esta área de la carrera, con el objetivo de que la formación profesional combine una sólida formación teórica con la formación práctica es de mucha importancia, por ese motivo los bancos de pruebas se ajustan casi siempre a las necesidades de realización de dicha práctica (Jumbo Quichimbo & Macas Curipoma, 2009)

1.1.3. A nivel Local

La Universidad Cesar Vallejo - Filial Chiclayo tiene dentro de su oferta educativa la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, la cual tiene un buen posicionamiento en el mercado chiclayano, cuenta con laboratorios especializados para la formación académica, sin embargo actualmente no cuenta con un laboratorio con sistema de aire acondicionado para el estudio de los diversos parámetros de refrigeración y aire acondicionado que permita mejorar la formación en esta área de estudio de los estudiantes de la carrera profesional.

En ese sentido, frente a esta problemática se ha propuesto la presente investigación de diseño de un sistema de aire acondicionado para la realización de prácticas académicas que ayuden a la formación profesional.

1.2 Trabajos Previos.

(Rodríguez García & Romero Martínez, 2017) en su investigación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARAPRÁCTICAS DE AIRE ACONDICIONADO”** indican lo siguiente.

“La refrigeración es una de las principales áreas de aplicación de la termodinámica y la transferencia de calor. En este trabajo de investigación están presentados los contenidos teóricos fundamentales de esta ciencia, necesarios para poder aplicarlos en la operación y el análisis de los ciclos de refrigeración” (Rodríguez García & Romero Martínez, 2017)

(Moreno-García, Ramírez-Matheus, & Ortiz-Ramírez, 2016) en su investigación **“SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA UN BANCO EXPERIMENTAL DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN”** indican lo siguiente.

“Antecedentes: Recientemente se viene investigando las diferentes alternativas de optimizar y reducir el consumo de potencia para los sistemas de refrigeración. Dicha necesidad conlleva al propósito de mejorar en un 40% el consumo existente que presentan estos sistemas en zonas residenciales. Por tal razón apoyados con los sistemas de control e instrumentación se viene permitiendo un sin número de capacidades y destrezas investigativas de forma que se va generando proyección en esta área por parte de la UFPS.

(Puentes Castillo & Chica Garcia, 2014) en su investigación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE REFRIGERACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO, SEDE VILLAVICENCIO”** indican lo siguiente. “Este articulo corresponde al trabajo realizado como opción de grado para el programa de ingeniería electromecánica, en donde se analiza, diseña e implementa un sistema de aire acondicionado para los laboratorios de química y bioquímica, basados en conceptos usados durante el transcurso de la carrera en Ingeniería.” (Puentes Castillo & Chica Garcia, 2014)

1.3 Teoría Relacionada al Tema

1.3.1 Primera Ley de la Termodinámica

“La primera ley de la termodinámica, conocida también como el principio de conservación de la energía, brinda una base sólida para estudiar las relaciones entre las diversas formas de interacción de energía. (Gengel & Boles, 2015)

1.3.2 Segunda Ley de la Termodinámica

“La segunda Ley de la termodinámica aplicada a las máquinas térmicas podemos indicar ninguna máquina térmica puede convertir todo el calor que recibe en trabajo útil. Esta limitación de la eficiencia térmica de las máquinas térmicas forma la base para el enunciado de Kelvin-Planck de la segunda ley de la termodinámica Refrigeradores y bombas de Calor.

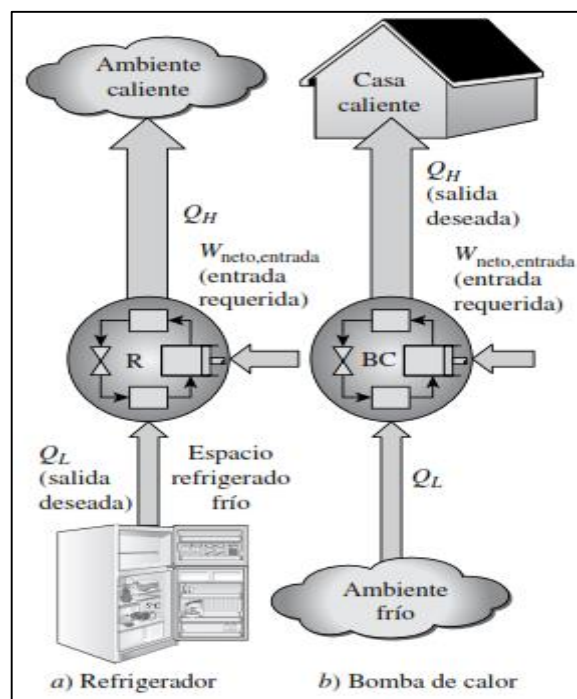


Figura. 1. Diagrama de un sistema de refrigeración y bomba de calor.

El desempeño de refrigeradores y de bombas de calor se expresa en términos del coeficiente de desempeño (COP), por sus siglas en inglés (coefficient of performance).

1.3.3 Ciclo Ideal de refrigeración por compresión de vapor.

Se compone de cuatro procesos:

- 1-2 Compresión isentrópica en un compresor
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión
- 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador

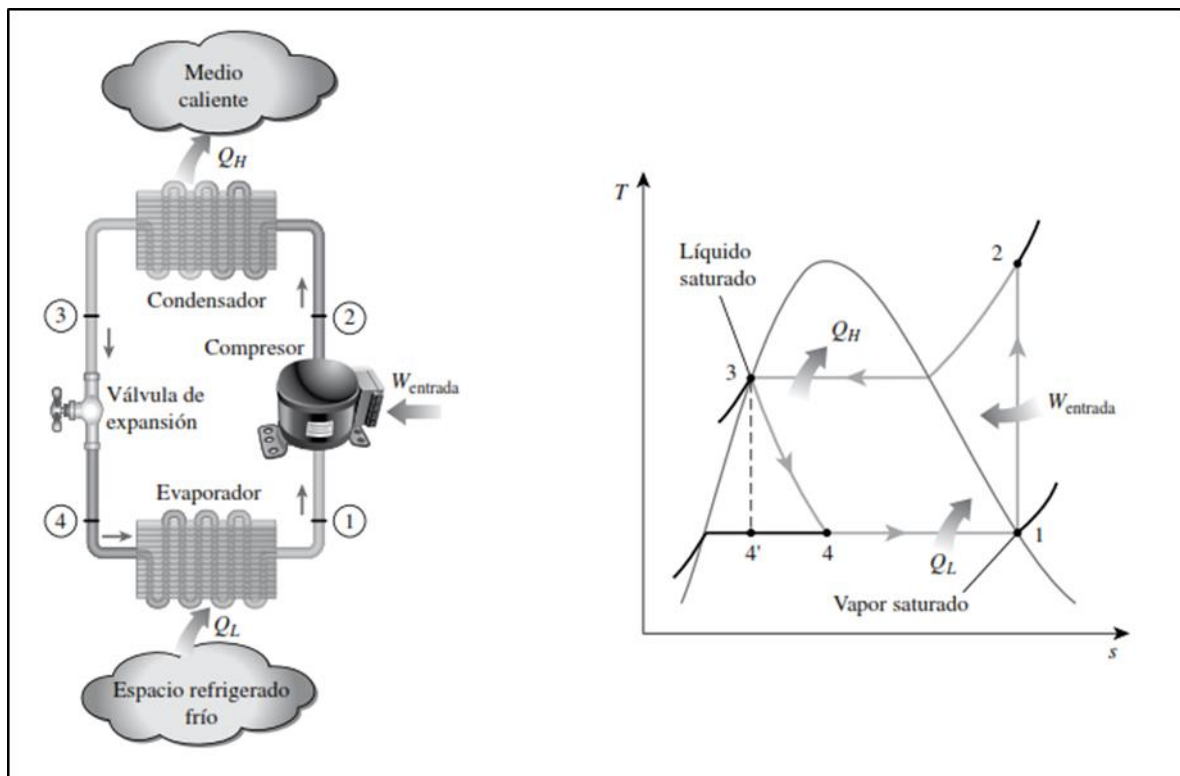


Figura. 2. Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.

Fuente: (Gengel & Boles, 2015)

1.3.4 Ciclo Real de refrigeración por compresión de vapor

“Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal en varios aspectos, principalmente, debido a las irreversibilidades que ocurren en varios

componentes. Dos fuentes comunes de irreversibilidad son la fricción del fluido (causa caídas de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores.

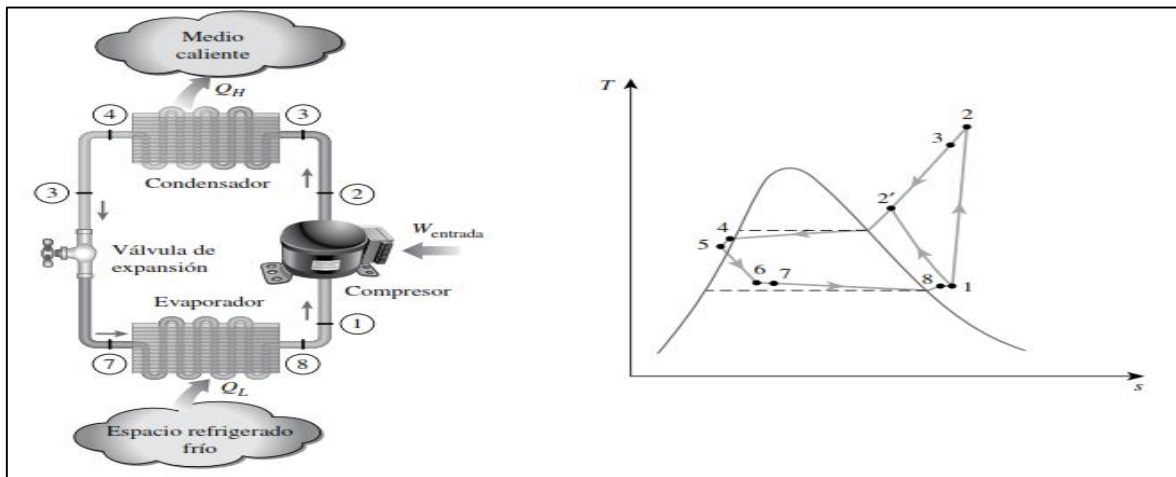


Figura. 3. Esquema y diagrama T-s para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.

1.3.5 El Diseño

“El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades. Es necesario subdividir grandes relaciones en una serie de tareas simples. La complejidad del tema requiere una secuencia en la que las ideas se presentan y se revisan” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

1.3.6 Fases del proceso de diseño

“Por lo general, el proceso de diseño comienza con la identificación de una necesidad. Con frecuencia, el reconocimiento y la expresión de ésta constituyen un acto muy creativo, porque la necesidad quizá sólo sea una vaga inconformidad, un sentimiento de inquietud o la detección de que algo no está bien” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008) (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008)

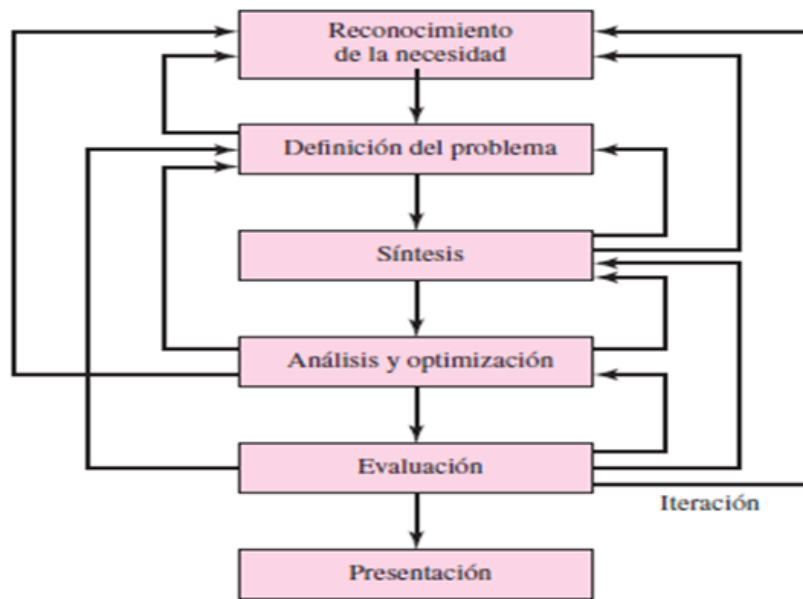


Figura. 4. Fases del proceso de diseño

“Puede observarse, y debe destacarse, que el diseño es un proceso iterativo en el cual se procede a través de varios pasos, se evalúan los resultados y luego se regresa a una fase inicial del procedimiento. De esta manera es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizar y optimizarlos y regresar a la síntesis para ver qué efectos tiene sobre las partes restantes del sistema” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008)

1.4 Formulación del Problema

¿Cómo diseñar un sistema de aire acondicionado con energía solar para realizar prácticas estudiantiles en la Universidad Cesar Vallejo – 2019?

1.5 Justificación del Estudio.

1.5.1 Técnica.

La presente investigación es importante ya que permitirá el desarrollo de tecnología asociada a los sistema de ventilación y permitirá mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica a través las prácticas de laboratorio en sistemas de aire acondicionado.

1.5.2 Económica

Esta investigación permitirá contar con un mejor equipamiento en los laboratorios para el desarrollo de prácticas académicas, con lo cual se genera una mejor propuesta educativa conllevando a que se tenga una mayor cantidad de estudiantes o que resulta en beneficio económico para la institución.

1.5.3 Social

La presente investigación, tiene un impacto social muy positivo ya que va a permitir la formación de profesionales en Ingeniería Mecánica Eléctrica con competencias teóricas y prácticas, pudiéndose desempeñar profesionalmente de la mejor manera, siendo beneficiada la sociedad.

1.5.4 Ambiental.

El uso del sistema de aire acondicionado para realizar prácticas, permitirá que el estudiante adquiera también una conciencia del impacto ambiental que esto genera, lo cual es muy importante para cuando tenga que seleccionar estos sistemas de aire acondicionado en su devenir profesional.

1.6 Hipótesis.

Con el diseño de un sistema de aire acondicionado los estudiantes de la Universidad César Vallejo podrán realizar prácticas académicas estudiantiles.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo General

- ✓ Diseñar un sistema de aire acondicionado con energía solar para prácticas estudiantiles en la Universidad Cesar Vallejo – 2019

1.7.2 Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar los parámetros fundamentales de funcionamiento del sistema de aire acondicionado.
- ✓ Diseñar el sistema de aire acondicionado por compresión mecánica para prácticas estudiantiles

- ✓ Elaborar guías de laboratorio para el desarrollo de prácticas en el sistema de aire acondicionado por parte de los estudiantes de la UCV.
- ✓ Determinar el costo de fabricación del sistema de aire acondicionado para prácticas estudiantiles.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación.

No experimental

La presente investigación es no experimental debido a que no se hace una manipulación deliberada de la variable independiente para ver su efecto en otras variables, se basa en la observación de la variable en su contexto natural para su posterior análisis.

La investigación comienza estableciendo los parámetros del sistema de aire acondicionado para la realización de prácticas académicas, para luego diseñar el sistema y seleccionar los elementos estándar tomando en cuenta la normatividad vigente.

Descriptiva

La investigación es descriptiva, debido a que se observa y se describe el problema tal como se presenta en forma natural sin la manipulación o intervención del investigador.

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

Dónde:

M1 y M2 son muestras

O1 y O2 son observaciones

2.2 Variables, Operacionalización.

2.2.1 Variable Independiente

Diseño de un sistema de aire acondicionado

2.2.2 Variable Dependiente.

Prácticas académicas de laboratorio.

2.2.3 Operacionalización de las Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFICNICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Diseño sistema de aire acondicionado	“El diseño de máquinas es el proceso mediante el cual se define las dimensiones, materiales, tecnología y funcionamiento de una máquina” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008)	Se ha conceptualizado y diseñado un sistema de aire acondicionado para la realización de prácticas académicas en al UCV.	Potencia	KW	Observación
			Dimensiones	mm	Revisión
			Material	tipo	
			Capacidad de Enfriamiento	TR	Documentaria
Variable Dependiente:	Conjunto de actividades por medio de la cual	Toma de datos en el sistema de aire acondicionado	Guía de Práctica	Un	Observación

Prácticas académicas de refrigeración.	los estudiantes realizan diversas mediciones en el sistema de aire acondicionado.	para evaluar el efecto de la modificación de alguna variable.			
--	---	---	--	--	--

2.3 Población y Muestra.

2.3.1 Población.

Estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Cesar Vallejo

2.3.2 Muestra.

Estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Cesar Vallejo

2.4 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Entrevista	Caracterización de los parámetros de diseño del sistema de aire acondicionado para prácticas académicas	Entrevista docentes especialistas
Observación	Evaluación del diseño de la silla de ruedas autónoma	Ficha de control de diseño
Revisión Documentaria	Búsqueda de datos técnicos y elementos estándar para el diseño.	Ficha de revisión documentaria

2.4.1 Técnicas de Recolección de datos

Entrevista

Se ha usado esta técnica para conocer a través de los docentes especialistas los parámetros de diseño que deberá tener el sistema de aire acondicionado para la

realización de prácticas académicas, se entrevistará a docentes universitarios especialistas en la temática de estudio.

Observación

Usando la observación se realizará la evaluación de la funcionalidad del sistema de aire acondicionado, toma de datos, precisión de la medición entre otros parámetros de evaluación del diseño.

Revisión Documentaria

Esta técnica nos permitirá la búsqueda de diversos parámetros para el diseño el sistema de aire acondicionado como la búsqueda de los materiales adecuados para las diversas partes de la máquina, selección de piezas estandarizadas para la silla de ruedas como rodamientos, fajas, poleas, etc.

2.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Entrevista a docentes

Este instrumento nos permitirá registrar los parámetros de diseño a los cuales va a trabajar el sistema de aire acondicionado.

Este instrumento consta de 02 partes en la primera los datos generales de la persona que ha realizado la entrevista, la fecha y hora.

En la segunda parte se detallará las diversas condiciones a los cuales debe trabajar el sistema de aire acondicionado.

Ficha de control de diseño

La ficha de control de diseño permitirá evaluar la capacidad, operatividad y funcionalidad del sistema de aire acondicionado para realizar prácticas académicas, evaluando dimensiones, tolerancias, potencia, etc.

La ficha cuenta de dos partes, en la primera se colocan los datos generales de la evaluación como la fecha, hora, nombre del evaluador; en la segunda los parámetros a evaluar y los resultados obtenidos durante las pruebas.

Ficha de Revisión Documentaria

La ficha de revisión documental, nos va a permitir llevar un registro de los diversos documentos que serán consultados para diseñar la silla de ruedas autónoma, tales como manuales de elementos estandarizados, información técnica de equipos existentes en el mercado, para su evaluación y posterior selección.

2.4.3 Validez

La presente investigación será validada por especialistas en la materia (profesionales de Ingeniería Mecánica Eléctrica) y por el responsable designado por la empresa donde se realizará la investigación, teniendo en cuenta que se validarán los instrumentos de recolección de datos como el aspecto metodológico de la presente investigación para determinar los parámetros de funcionamiento.

2.4.4 Confiabilidad.

La confiabilidad será dada por los profesionales que validarán los instrumentos, si se requiere la modificación de acuerdo a sus requerimientos se dará prioridad a sus opiniones. Este proyecto tendrá la firmeza o seguridad de la veracidad de los resultados obtenidos.

2.5 Métodos de Análisis de Datos.

El análisis estadístico sirve para determinar si existe una relación entre las dos variables, además a través de la estadística descriptiva aplicado a las variables de

estudio, tabulando los datos y evaluando factores comunes, que servirán de parámetros de entrada para el diseño de una silla de ruedas autónoma.

2.6 Aspectos Éticos.

Como investigador me comprometo a respetar la propiedad intelectual, la confiabilidad de los datos recolectados y la veracidad de los resultados y en la investigación que presento, el diseño de la máquina planteada no tiene un efecto negativo en la sociedad si no por el contrario un beneficio para esta.

III. RESULTADOS

3.1 Calcular la carga térmica en las instalaciones del Oficina Administrativa en Campus UCV Filial Chiclayo.

3.1.1 Cargas Térmicas.

Las cargas térmicas en el interior de la oficina administrativa son:

Tabla 1. Cargas térmicas interiores

N°	Carga Térmica	Cantidad
1	Equipos de Computo	2
2	Aforo (Número de personas)	8
3	Escritorio Melamine	2
4	Armario Metálico	1
5	Luminarias	2
6	TV 32"	1

Fuente: Información UCV Chiclayo

Las cargas térmicas exteriores, son el flujo de calor por medio de pisos, paredes, ventanas y puertas, desde el exterior de la oficina hacia el interior.

3.1.2 Cálculo de Cargas Térmicas.

a) Flujo de calor en pisos, paredes de la oficina

Las paredes de la oficina presentan la siguiente distribución en cuanto al espesor de la pared. Para la condición más desfavorable, se determina el flujo de calor

desde el exterior hacia el interior; de la tabla 1, se puede observar que en la estación de verano en la ciudad de Chiclayo la temperatura tiene un valor de 32°C. En el interior de la oficina administrativa la temperatura óptima de trabajo es de 19°C, en el cual los trabajadores de la oficina, así como también las personas que realizan alguna gestión, logran el confort óptimo.

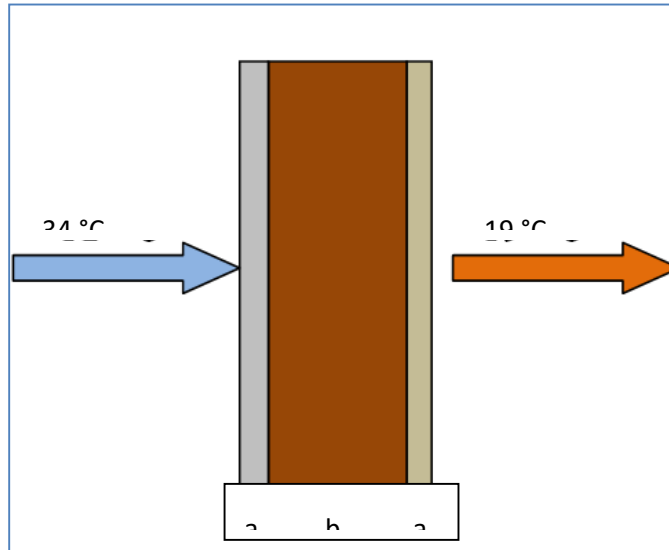


Figura 1. Transferencia de calor por conducción

Dónde a es el espesor del terrajeo de la pared que es de concreto y b es el espesor del ladrillo con el cual se construyó la pared de la edificación.

Temperatura en el exterior de la oficina administrativa: 32°C

Temperatura en el interior de la oficina administrativa: 19°

Diferencia de temperatura entre exterior e interior: 13°C

$$\frac{q}{A} = \frac{T_i - T_{inf}}{R_T},$$

Dónde la Resistencia Total se calcula como sigue:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_c} + \frac{\Delta x}{k_w}$$

Dónde:

R: Resistencia al flujo de calor total.

h_i : Coeficiente de transferencia de calor por convección del concreto $4 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

h_c : Coeficiente de transferencia de calor por convección del aire $65 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

k_w : Coeficiente de transferencia de calor por conducción del aire:
 $1.4 \cdot 10^4 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$

Reemplazando valores, se tiene:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_c} + \frac{\Delta x}{k_w} = \frac{1}{4 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{1}{65 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{5 \times 10^{-3} [m]}{1.4 \cdot 10^4 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]} = 0.265 \left[m^2 \cdot ^\circ K / W \right]$$

Entonces, reemplazando valores, se tiene:

$$\frac{q}{A} = \frac{T_i - T_{inf}}{R_T} = \frac{(32 - (19))^\circ K}{0.265 \left[m^2 \cdot ^\circ K / W \right]} = 48.28 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

El área total de la superficie de pisos y paredes laterales es de 28 m², por lo tanto, el calor total que se transfiere desde el exterior hasta el interior de la cabina de la retroexcavadora es:

$$\frac{q}{A} = 48.28 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$q = 28 m^2 \cdot 48.28 \left[\frac{W}{m^2} \right] = 1371.5 Watt$$

b) Flujo de calor por las ventanas cristalinas

Temperatura en el exterior de la oficina administrativa: 32°C

Temperatura en el interior de la oficina administrativa: 19°

Diferencia de temperatura entre exterior e interior: 13°C

El material es de vidrio cristalino, en el cual la transferencia de calor se determina:

$$\frac{q}{A} = \frac{T_i - T_{\text{inf}}}{R_T},$$

donde la Resistencia Total se calcula como sigue:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_c} + \frac{\Delta x}{k_w}$$

Dónde:

R: Resistencia al flujo de calor total.

hi: Coeficiente de transferencia de calor por convección del vidrio $45 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

hc: Coeficiente de transferencia de calor por convección del aire $65 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

k_w : Coeficiente de transferencia de calor por conducción del aire:
 $1.4 \cdot 10^4 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$

Reemplazando valores, se tiene:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_c} + \frac{\Delta x}{k_w} = \frac{1}{45 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{1}{65 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{5 \times 10^{-3} [m]}{1.4 \cdot 10^4 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]} = 0.037 \left[m^2 \cdot ^\circ K / W \right]$$

Entonces, reemplazando valores, se tiene:

$$\frac{q}{A} = \frac{T_i - T_{\text{inf}}}{R_T} = \frac{(32 - (19))^\circ K}{0.037 \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]} = 351.3 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

El área total de los vidrios cristalinos en la oficina administrativa en donde se va a instalar el sistema de aire acondicionado por absorción que utiliza energía del sol delantero es de 4.5 m².

Por lo tanto, el calor total que se transfiere desde el exterior hasta el interior de la oficina administrativa por los vidrios cristalinos es:

$$\frac{q}{A} = 351.3 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$\frac{q}{A} = 4.5 m^2 * 351.3 \left[\frac{W}{m^2} \right] = 1580.55 Watt$$

c) Flujo de calor por las puertas de la oficina

Temperatura en el exterior de la oficina administrativa: 32°C

Temperatura en el interior de la oficina administrativa: 19°

Diferencia de temperatura entre exterior e interior: 13°C

El material de las puertas es de madera, en el cual la transferencia de calor se determina:

$$\frac{q}{A} = \frac{T_i - T_{\text{inf}}}{R_T},$$

donde la Resistencia Total se calcula como sigue:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_c} + \frac{\Delta x}{k_w}$$

Dónde:

R: Resistencia al flujo de calor total.

hi: Coeficiente de transferencia de calor por convección del vidrio $70 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

hc: Coeficiente de transferencia de calor por convección del aire $65 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

k_w : Coeficiente de transferencia de calor por conducción del aire:
 $1.4 \cdot 10^4 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$

Reemplazando valores, se tiene:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_c} + \frac{\Delta x}{k_w} = \frac{1}{70 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{1}{65 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{5 \times 10^{-3} [m]}{1.4 \cdot 10^4 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]} = 0.029 \left[m^2 \cdot ^\circ K / W \right]$$

Entonces, reemplazando valores, se tiene:

$$\frac{q}{A} = \frac{T_i - T_{inf}}{R_T} = \frac{(32 - (19))^\circ K}{0.029 \left[m^2 \cdot ^\circ K / W \right]} = 448.2 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

El área total de las puertas en la oficina administrativa en donde se va a instalar el sistema de aire acondicionado por absorción que utiliza energía del sol delantero es de 3.2 m².

Por lo tanto, el calor total que se transfiere desde el exterior hasta el interior de la oficina administrativa por los vidrios cristalinos es:

$$\frac{q}{A} = 448.2 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$\frac{q}{A} = 3.2m^2 * 448.2 \left[\frac{W}{m^2} \right] = 1434.2 Watt$$

d) Cálculo del calor interno en la oficina administrativa

En el interior de la oficina administrativa, se encuentran las siguientes cargas térmicas:

Luminarias: se tiene 2 luminarias de 60 watt de potencia, el cual irradia un calor de 21 Watt cada uno, totalizando 42 Watt de calor sensible.

Ocupantes: La oficina administrativa tiene un aforo total de 8 personas, está En promedio una persona irradia un calor sensible de 75 Watt, es decir el calor que generan los ocupantes es de $75 \times 8 = 600$ Watt.

Los escritorios tienen un calor sensible de 24 Watt cada uno, el armario metálico de 18 watt, el TV 32" un calor sensible de 45 Watt, el equipo de cómputo con 54 watt de calor sensible, resumiendo se tiene:

Tabla 2. Cálculo de cargas térmicas internas

N°	Carga Térmica	Cantidad	Calor sensible (Watt)	Total (Watt)
1	Equipos de Computo	2	54	108
2	Aforo (Número de personas)	8	75	600

3	Escritorio Melamine	2	24	48
4	Armario Metálico	1	18	18
5	Luminarias	2	21	42
6	TV 32"	1	45	45
	Total			861

Fuente: Autoría Propia.

Por lo tanto, se tiene el cálculo de la cantidad de calor total que se requiere extraer de la oficina administrativa.

Tabla 3. Calor sensible total

Tipo de Calor Sensible	Calor sensible (Watt)
Flujo de calor en pisos, paredes de la oficina	1371.5
Flujo de calor por las ventanas cristalinas	1580.55
Flujo de calor por las puertas de la oficina	1434.2
Calor interno en la oficina administrativa	861
Total	5247.25

Fuente: Autoría Propia.

En conclusión, la carga térmica total es 5247.25 Watt, que es el calor que se extrae con el sistema de refrigeración por absorción, objeto de estudio del presente proyecto de investigación.

3.2 Determinar el potencial de nivel de radiación solar, realizando mediciones en las instalaciones del campus UCV –Chiclayo.

3.2.1 Mediciones Realizadas.

Las mediciones de los niveles de radiación solar, se hicieron siguiendo un protocolo de mediciones, el cual consistió en:

- a) Utilizar el Solarímetro Digital calibrado, el cual tiene como N° de serie del fabricante: TES N° 1333, de Marca Meter Power.
- b) Las mediciones se realizaron durante el periodo de elaboración del proyecto de investigación, desde el mes de Abril a Octubre de los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019 2019, para lo cual se estableció realizar la medición 4 veces al mes, determinando el día de manera aleatoria. Dichas mediciones son de la estación meteorológica ubicada cerca al campus de la Universidad.
- c) Se determinó que el punto de ubicación del equipo de medición, es en techo del Oficina Administrativa en Campus UCV Filial Chiclayo.
- d) Las mediciones se realizaron con frecuencia de cada 15 minutos.
- e) El inicio de la toma de medición del nivel de radiación solar, empieza a las 10.00 am y culmina a las 16.00 horas.
- f) No considerar el registro de la medición, si se presentase precipitación fluvial en la zona.

Tabla 1. Mediciones de Radiación Solar

Mes	Semana	Medición del Nivel de Radiación Solar en Laboratorio de Automatización y Control UCV Chiclayo, en KW-H/m2																			
		10:00 a.m.				11:00 a.m.				12:00 p.m.				01:00 p.m.				02:00 p.m.			
		10	10.15	10.3	10.45	11	11.15	11.3	11.45	12	12.15	12.3	12.45	1	1.15	1.3	1.45	2	2.15	2.3	2.45
abr-15	Semana 1	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
	Semana 2	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.9	6.2	6.1	6.1	6.0	6.0	6.1	6.0	5.8	5.6	5.6	5.6	5.5	5.6	5.5
	Semana 3	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	Semana 4	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.9	6.2	6.1	6.1	6.0	6.1	6.3	6.1	6.0	5.9	5.7	5.8	5.8	5.6	5.5
may-15	Semana 1	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
	Semana 2	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
	Semana 3	5.7	5.8	6.0	6.1	6.0	6.0	6.3	6.2	6.1	6.0	6.2	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1	6.1	6.1	6.1	6.0
	Semana 4	5.7	5.9	6.1	6.1	6.1	6.0	6.3	6.3	6.2	6.0	6.3	6.6	6.4	6.4	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1
jun-15	Semana 1	5.5	5.7	5.8	5.7	6.0	6.0	6.3	6.1	6.0	6.0	6.0	5.9	5.8	5.7	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5
	Semana 2	5.5	5.7	5.8	5.6	5.8	6.1	6.1	6.1	6.0	6.1	6.1	6.2	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
	Semana 3	5.7	5.7	5.7	6.0	6.0	6.0	6.2	6.2	6.2	6.1	6.2	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1	6.1	5.9	5.9	5.8
	Semana 4	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	6.1	6.1	6.2	6.1	6.2	6.1	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7
jul-15	Semana 1	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.1	6.2	6.3	6.1	6.2	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1	6.1	6.1	6.0	6.0
	Semana 2	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	6.1	6.2	6.3	6.1	6.1	6.3	6.1	6.1	6.1	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9
	Semana 3	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.1	6.2	6.3	6.1	6.3	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6
	Semana 4	5.7	5.8	5.8	5.6	5.7	5.8	6.0	6.1	6.3	6.1	6.3	6.0	5.9	5.9	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6
ago-15	Semana 1	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	6.1	6.2	6.3	6.0	6.2	6.6	6.4	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1
	Semana 2	5.8	5.8	5.8	6.1	5.9	5.8	6.2	6.3	6.4	6.0	6.2	6.6	6.4	6.4	6.3	6.3	6.1	6.1	6.0	6.0
	Semana 3	5.8	5.7	5.7	6.0	5.9	5.9	6.1	6.2	6.2	6.0	6.2	6.7	6.6	6.6	6.4	6.4	6.4	6.3	6.3	6.3
	Semana 4	5.9	5.9	5.8	5.8	5.9	6.0	6.1	6.3	6.4	6.1	6.1	6.2	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8
sep-15	Semana 1	5.8	5.8	5.7	5.9	5.9	5.9	6.1	6.3	6.4	6.0	6.3	6.7	6.6	6.6	6.4	6.4	6.4	6.3	6.1	6.1

	Semana 2	6.0	5.8	5.7	5.9	5.9	5.9	6.1	6.3	6.6	6.0	6.2	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.1	6.0	6.0	5.9
	Semana 3	5.9	5.9	5.8	5.9	5.9	5.8	6.1	6.3	6.7	6.2	6.2	6.7	6.6	6.6	6.4	6.4	6.4	6.2	6.2	6.2
	Semana 4	5.9	5.9	6.0	5.9	5.9	5.9	6.1	6.3	6.7	6.3	6.2	6.6	6.4	6.4	6.4	6.3	6.3	6.3	6.2	6.2
oct-15	Semana 1	5.8	5.8	5.8	6.0	5.9	5.9	6.1	6.3	6.6	5.9	6.2	6.6	6.4	6.4	6.4	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8
	Semana 2	5.6	5.7	5.7	6.0	5.9	5.8	6.1	6.2	6.3	6.1	6.2	6.7	6.6	6.6	6.4	6.4	6.4	6.3	6.3	6.3
	Semana 3	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	6.2	6.3	6.4	6.2	6.3	6.4	6.3	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1
	Semana 4	5.8	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9	6.1	6.4	6.7	6.4	6.2	6.6	6.3	6.3	6.3	6.3	6.1	6.1	6.1	6.0

Mes	Semana	Medición del Nivel de Radiación Solar en Laboratorio de Automatización y Control UCV Chiclayo, en KW-H/m2																			
		10:00 a.m.				11:00 a.m.				12:00 p.m.				01:00 p.m.				02:00 p.m.			
		10	10.15	10.3	10.45	11	11.15	11.3	11.45	12	12.15	12.3	12.45	1	1.15	1.3	1.45	2	2.15	2.3	2.45
abr-16	Semana 1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	Semana 2	4.9	5.0	5.1	5.3	5.2	5.2	5.5	5.4	5.4	5.3	5.3	5.4	5.3	5.1	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.8
	Semana 3	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
	Semana 4	4.9	5.0	5.1	5.3	5.2	5.2	5.5	5.4	5.4	5.3	5.4	5.6	5.4	5.3	5.2	5.0	5.1	5.1	4.9	4.8
may-16	Semana 1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	Semana 2	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	Semana 3	5.0	5.1	5.3	5.4	5.3	5.3	5.6	5.5	5.4	5.3	5.5	5.7	5.6	5.6	5.5	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3
	Semana 4	5.0	5.2	5.4	5.4	5.4	5.3	5.6	5.6	5.5	5.3	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4
jun-16	Semana 1	4.8	5.0	5.1	5.0	5.3	5.3	5.6	5.4	5.3	5.3	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8	4.8
	Semana 2	4.8	5.0	5.1	4.9	5.1	5.4	5.4	5.4	5.3	5.4	5.4	5.5	5.3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
	Semana 3	5.0	5.0	5.0	5.3	5.3	5.3	5.5	5.5	5.5	5.4	5.5	5.7	5.6	5.6	5.5	5.4	5.4	5.2	5.2	5.1
	Semana 4	4.9	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.4	5.4	5.5	5.4	5.5	5.4	5.2	5.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.0	5.0
jul-16	Semana 1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.4	5.5	5.6	5.4	5.5	5.7	5.6	5.6	5.5	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3
	Semana 2	5.1	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.4	5.5	5.6	5.4	5.4	5.6	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2

	Semana 3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.4	5.5	5.6	5.4	5.6	5.1	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9
	Semana 4	5.0	5.1	5.1	4.9	5.0	5.1	5.3	5.4	5.6	5.4	5.6	5.3	5.2	5.2	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	4.9
ago-16	Semana 1	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.4	5.5	5.6	5.3	5.5	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4
	Semana 2	5.1	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1	5.5	5.6	5.7	5.3	5.5	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.4	5.4	5.3	5.3
	Semana 3	5.1	5.0	5.0	5.3	5.2	5.2	5.4	5.5	5.5	5.3	5.5	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6
	Semana 4	5.2	5.2	5.1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.6	5.7	5.4	5.4	5.5	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	5.1
	Semana 5	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
sep-16	Semana 1	5.1	5.1	5.0	5.2	5.2	5.2	5.4	5.6	5.7	5.3	5.6	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.4	5.4
	Semana 2	5.3	5.1	5.0	5.2	5.2	5.2	5.4	5.6	5.7	5.3	5.5	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.4	5.3	5.3	5.2
	Semana 3	5.2	5.2	5.1	5.2	5.2	5.1	5.4	5.6	5.8	5.5	5.5	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.5	5.5	5.5
	Semana 4	5.2	5.2	5.3	5.2	5.2	5.2	5.4	5.6	5.8	5.6	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5
oct-16	Semana 1	5.1	5.1	5.1	5.3	5.2	5.2	5.4	5.6	5.7	5.2	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.2	5.2	5.1	5.1	5.1
	Semana 2	4.9	5.0	5.0	5.3	5.2	5.1	5.4	5.5	5.6	5.4	5.5	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6
	Semana 3	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.2	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.7	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4
	Semana 4	5.1	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.4	5.7	5.8	5.7	5.5	5.7	5.6	5.6	5.6	5.6	5.4	5.4	5.4	5.3

Mes	Semana	Medición del Nivel de Radiación Solar en Laboratorio de Automatización y Control UCV Chiclayo, en KW-H/m2																			
		10:00 a.m.				11:00 a.m.				12:00 p.m.				01:00 p.m.				02:00 p.m.			
		10	10.15	10.3	10.45	11	11.15	11.3	11.45	12	12.15	12.3	12.45	1	1.15	1.3	1.45	2	2.15	2.3	2.45
abr-17	Semana 1	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	Semana 2	5.4	5.5	5.6	5.8	5.7	5.7	6.0	5.9	5.9	5.8	5.8	5.9	5.8	5.6	5.4	5.4	5.4	5.3	5.4	5.3
	Semana 3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
	Semana 4	5.4	5.5	5.6	5.8	5.7	5.7	6.0	5.9	5.9	5.8	5.9	6.1	5.9	5.8	5.7	5.5	5.6	5.6	5.4	5.3
may-17	Semana 1	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	Semana 2	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
	Semana 3	5.5	5.6	5.8	5.9	5.8	5.8	6.1	6.0	5.9	5.8	6.0	6.2	6.1	6.1	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8

	Semana 4	5.5	5.7	5.9	5.9	5.9	5.8	6.1	6.1	6.0	5.8	6.1	6.3	6.2	6.2	6.1	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9
jun-17	Semana 1	5.3	5.5	5.6	5.5	5.8	5.8	6.1	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3	5.3
	Semana 2	5.3	5.5	5.6	5.4	5.6	5.9	5.9	5.9	5.8	5.9	5.9	6.0	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
	Semana 3	5.5	5.5	5.5	5.8	5.8	5.8	6.0	6.0	6.0	5.9	6.0	6.2	6.1	6.1	6.0	5.9	5.9	5.7	5.7	5.6
	Semana 4	5.4	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.9	5.9	6.0	5.9	6.0	5.9	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5
jul-17	Semana 1	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.9	6.0	6.1	5.9	6.0	6.2	6.1	6.1	6.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8
	Semana 2	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.9	6.0	6.1	5.9	5.9	6.1	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7
	Semana 3	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.9	6.0	6.1	5.9	6.1	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4
	Semana 4	5.5	5.6	5.6	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	6.1	5.9	6.1	5.8	5.7	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4
ago-17	Semana 1	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.9	6.0	6.1	5.8	6.0	6.3	6.2	6.2	6.1	6.1	6.0	6.0	6.0	5.9
	Semana 2	5.6	5.6	5.6	5.9	5.7	5.6	6.0	6.1	6.2	5.8	6.0	6.3	6.2	6.2	6.1	6.1	5.9	5.9	5.8	5.8
	Semana 3	5.6	5.5	5.5	5.8	5.7	5.7	5.9	6.0	6.0	5.8	6.0	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1
	Semana 4	5.7	5.7	5.6	5.6	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	5.9	5.9	6.0	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6
sep-17	Semana 1	5.6	5.6	5.5	5.7	5.7	5.7	5.9	6.1	6.2	5.8	6.1	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	5.9	5.9
	Semana 2	5.8	5.6	5.5	5.7	5.7	5.7	5.9	6.1	6.3	5.8	6.0	6.2	6.1	6.1	6.0	6.0	5.9	5.8	5.8	5.7
	Semana 3	5.7	5.7	5.6	5.7	5.7	5.6	5.9	6.1	6.4	6.0	6.0	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.0	6.0	6.0
	Semana 4	5.7	5.7	5.8	5.7	5.7	5.7	5.9	6.1	6.4	6.1	6.0	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1	6.0	6.0
oct-17	Semana 1	5.6	5.6	5.6	5.8	5.7	5.7	5.9	6.1	6.3	5.7	6.0	6.3	6.2	6.2	6.2	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6
	Semana 2	5.4	5.5	5.5	5.8	5.7	5.6	5.9	6.0	6.1	5.9	6.0	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1
	Semana 3	5.5	5.5	5.6	5.7	5.7	5.7	6.0	6.1	6.2	6.0	6.1	6.2	6.1	6.1	6.1	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9
	Semana 4	5.6	5.5	5.5	5.6	5.7	5.7	5.9	6.2	6.4	6.2	6.0	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1	5.9	5.9	5.9	5.8

Mes	Semana	Medición del Nivel de Radiación Solar en Laboratorio de Automatización y Control UCV Chiclayo, en KW-H/m2																			
		10:00 a.m.				11:00 a.m.				12:00 p.m.				01:00 p.m.				02:00 p.m.			
		10	10.15	10.3	10.45	11	11.15	11.3	11.45	12	12.15	12.3	12.45	1	1.15	1.3	1.45	2	2.15	2.3	2.45
abr-18	Semana 1	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	Semana 2	4.8	4.9	5.0	5.2	5.1	5.1	5.4	5.3	5.3	5.2	5.2	5.3	5.2	5.0	4.8	4.8	4.8	4.7	4.8	4.7
	Semana 3	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
	Semana 4	4.8	4.9	5.0	5.2	5.1	5.1	5.4	5.3	5.3	5.2	5.3	5.5	5.3	5.2	5.1	4.9	5.0	5.0	4.8	4.7
may-18	Semana 1	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	Semana 2	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
	Semana 3	4.9	5.0	5.2	5.3	5.2	5.2	5.5	5.4	5.3	5.2	5.4	5.5	5.5	5.5	5.4	5.3	5.3	5.3	5.3	5.2
	Semana 4	4.9	5.1	5.3	5.3	5.3	5.2	5.5	5.5	5.4	5.2	5.5	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3
jun-18	Semana 1	4.7	4.9	5.0	4.9	5.2	5.2	5.5	5.3	5.2	5.2	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7
	Semana 2	4.7	4.9	5.0	4.8	5.0	5.3	5.3	5.3	5.2	5.3	5.3	5.4	5.2	5.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
	Semana 3	4.9	4.9	4.9	5.2	5.2	5.2	5.4	5.4	5.4	5.3	5.4	5.5	5.5	5.5	5.4	5.3	5.3	5.1	5.1	5.0
	Semana 4	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.3	5.3	5.4	5.3	5.4	5.3	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9
jul-18	Semana 1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	5.1	5.3	5.4	5.5	5.3	5.4	5.5	5.5	5.5	5.4	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2
	Semana 2	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.3	5.4	5.5	5.3	5.3	5.5	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1
	Semana 3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	5.1	5.3	5.4	5.5	5.3	5.5	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8
	Semana 4	4.9	5.0	5.0	4.8	4.9	5.0	5.2	5.3	5.5	5.3	5.5	5.2	5.1	5.1	5.0	5.0	4.9	4.9	4.9	4.8
ago-18	Semana 1	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.3	5.4	5.5	5.2	5.4	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.3
	Semana 2	5.0	5.0	5.0	5.3	5.1	5.0	5.4	5.5	5.5	5.2	5.4	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.3	5.3	5.2	5.2
	Semana 3	5.0	4.9	4.9	5.2	5.1	5.1	5.3	5.4	5.4	5.2	5.4	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	Semana 4	5.1	5.1	5.0	5.0	5.1	5.2	5.3	5.5	5.5	5.3	5.3	5.4	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.0
sep-18	Semana 1	5.0	5.0	4.9	5.1	5.1	5.1	5.3	5.5	5.5	5.2	5.5	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.3	5.3
	Semana 2	5.2	5.0	4.9	5.1	5.1	5.1	5.3	5.5	5.6	5.2	5.4	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.3	5.2	5.2	5.1
	Semana 3	5.1	5.1	5.0	5.1	5.1	5.0	5.3	5.5	5.7	5.4	5.4	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4

	Semana 4	5.1	5.1	5.2	5.1	5.1	5.1	5.3	5.5	5.7	5.5	5.4	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4
oct-18	Semana 1	5.0	5.0	5.0	5.2	5.1	5.1	5.3	5.5	5.6	5.1	5.4	5.6	5.5	5.5	5.5	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0
	Semana 2	4.8	4.9	4.9	5.2	5.1	5.0	5.3	5.4	5.5	5.3	5.4	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	Semana 3	4.9	4.9	5.0	5.1	5.1	5.1	5.4	5.5	5.5	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3
	Semana 4	5.0	4.9	4.9	5.0	5.1	5.1	5.3	5.5	5.7	5.5	5.4	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.3	5.3	5.3	5.2

Mes	Semana	Medición del Nivel de Radiación Solar en Laboratorio de Automatización y Control UCV Chiclayo, en KW-H/m2																			
		10:00 a.m.				11:00 a.m.				12:00 p.m.				01:00 p.m.				02:00 p.m.			
		10.00	10.15	10.30	10.45	11.00	11.15	11.30	11.45	12.00	12.15	12.30	12.45	1.00	1.15	1.30	1.45	2.00	2.15	2.30	2.45
Abril 2019	Semana 1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.5	5.6	5.6	5.6	5.5	5.7	5.6	5.6	5.5	5.4	5.4	5.3	5.3	5.2
	Semana 2	5.1	5.2	5.3	5.5	5.4	5.4	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.6	5.5	5.3	5.1	5.1	5.1	5.0	5.1	5.0
	Semana 3	5.1	5.2	5.3	5.5	5.5	5.5	5.7	5.6	5.6	5.7	5.7	5.9	5.8	5.7	5.5	5.4	5.3	5.3	5.3	5.1
	Semana 4	5.1	5.2	5.3	5.5	5.4	5.4	5.7	5.6	5.6	5.5	5.6	5.8	5.6	5.5	5.4	5.2	5.3	5.3	5.1	5.0
Mayo 2019	Semana 1	5.1	5.3	5.4	5.5	5.5	5.5	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	5.1
	Semana 2	5.2	5.3	5.4	5.5	5.5	5.5	5.7	5.7	5.7	5.5	5.6	5.8	5.7	5.7	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4
	Semana 3	5.1	5.3	5.5	5.6	5.5	5.5	5.8	5.7	5.6	5.5	5.7	5.9	5.8	5.8	5.7	5.6	5.6	5.6	5.6	5.5
	Semana 4	5.2	5.4	5.6	5.6	5.6	5.5	5.8	5.8	5.7	5.5	5.8	6.0	5.9	5.9	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6
Junio 2019	Semana 1	5.0	5.2	5.3	5.5	5.5	5.5	5.8	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0
	Semana 2	5.0	5.2	5.3	5.1	5.3	5.6	5.6	5.6	5.5	5.6	5.6	5.7	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
	Semana 3	5.2	5.2	5.2	5.5	5.5	5.5	5.7	5.7	5.7	5.6	5.7	5.9	5.8	5.8	5.7	5.6	5.6	5.4	5.4	5.3
	Semana 4	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.6	5.6	5.7	5.6	5.7	5.6	5.4	5.4	5.3	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2
Julio 2019	Semana 1	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4	5.6	5.7	5.8	5.6	5.7	5.9	5.8	5.8	5.7	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5
	Semana 2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.6	5.7	5.8	5.6	5.6	5.8	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4

	Semana 3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4	5.6	5.7	5.8	5.6	5.8	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1
	Semana 4	5.2	5.3	5.3	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.6	5.8	5.5	5.4	5.4	5.3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.1
Agosto 2019	Semana 1	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.6	5.7	5.8	5.5	5.7	6.0	5.9	5.9	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6
	Semana 2	5.3	5.3	5.3	5.6	5.4	5.3	5.7	5.8	5.9	5.5	5.7	6.0	5.9	5.9	5.8	5.8	5.6	5.6	5.5	5.5
	Semana 3	5.3	5.2	5.2	5.5	5.4	5.4	5.6	5.7	5.7	5.5	5.7	6.1	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8
	Semana 4	5.4	5.4	5.3	5.3	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	5.6	5.6	5.7	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3
Setiembre 2019	Semana 1	5.3	5.3	5.2	5.4	5.4	5.4	5.6	5.8	5.9	5.5	5.8	6.1	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.6	5.6
	Semana 2	5.5	5.3	5.2	5.4	5.4	5.4	5.6	5.8	6.0	5.5	5.7	5.9	5.8	5.8	5.7	5.7	5.6	5.5	5.5	5.4
	Semana 3	5.4	5.4	5.3	5.4	5.4	5.3	5.6	5.8	6.1	5.7	5.7	6.1	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.7	5.7	5.7
	Semana 4	5.4	5.4	5.5	5.4	5.4	5.4	5.6	5.8	6.1	5.8	5.7	6.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7
Octubre 2019	Semana 1	5.3	5.3	5.3	5.5	5.4	5.4	5.6	5.8	6.0	5.4	5.7	6.0	5.9	5.9	5.9	5.4	5.4	5.3	5.3	5.3
	Semana 2	5.1	5.2	5.2	5.5	5.4	5.3	5.6	5.7	5.8	5.6	5.7	6.1	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8
	Semana 3	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.7	5.8	5.9	5.7	5.8	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6
	Semana 4	5.3	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.6	5.9	6.1	5.9	5.7	6.0	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.6	5.5

Fuente: Mediciones Realizadas

De las mediciones realizadas, se puede graficar para ver la tendencia de los valores en el periodo medido. Al empezar las mediciones se observa que el nivel de radiación solar tiene un valor superior a 5.0 KW-H/m2 por día, y tiene un valor máximo entre las 12.00 y 13.00 horas del día de la medición.

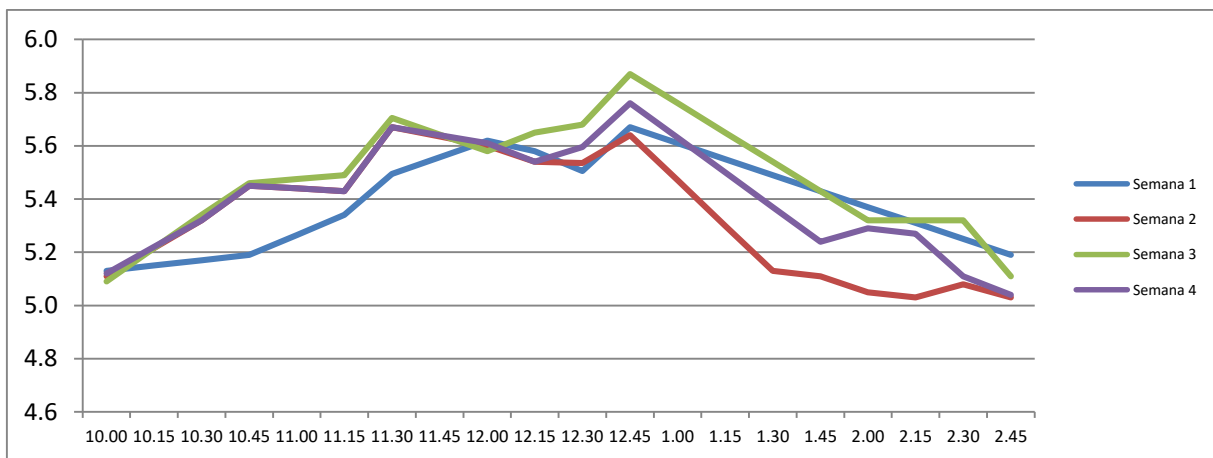


Figura 2. Niveles de radiación en KW-h/m2, en el mes de abril 2019.

En las 4 semanas del mes de abril del 2019, de las mediciones de radiación solar, se evidencia que entre las 12.45 y 13.00 horas es en dónde ocurre el mayor valor de radiación solar con valores superiores a los 5.8 KW-h/m2, y entre las 10 y 10.15am y entre las 14.30 y 15.00 ocurre los menores valores de radiación solar, ligeramente superior a los 5.00 KW-h/m2.

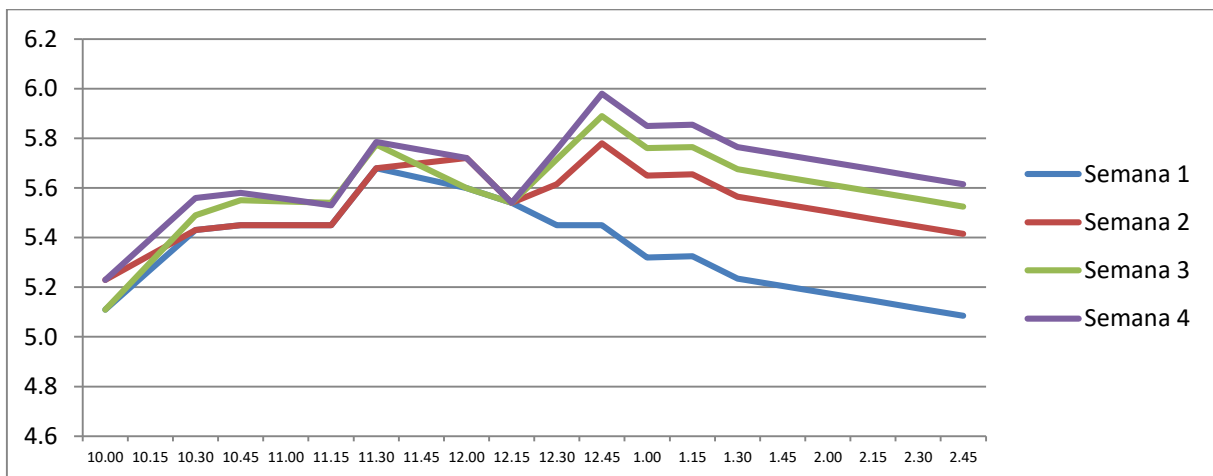


Figura 3. Niveles de radiación en KW-h/m2, en el mes de mayo 2019.

En las 4 semanas del mes de Mayo del 2019, de las mediciones de radiación solar, se evidencia que entre las 12.45 y 13.00 horas es en dónde ocurre el mayor valor de radiación solar con valores muy cercanos a los 6 KW-h/m2, y entre las 10 y 10.15am y entre las 14.30 y 15.00 ocurre los menores valores de radiación solar, ligeramente superior a los 5.00 KW-h/m2.

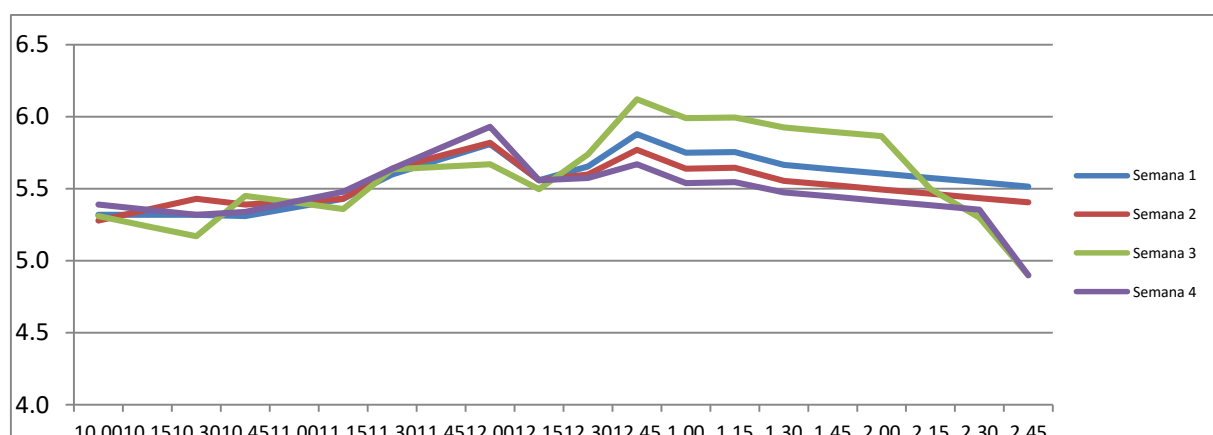


Figura 4. Niveles de radiación en KW-h/m2, en el mes de junio 2019.

En las 4 semanas del mes de Junio del 2019, de las mediciones de radiación solar, se evidencia que entre las 12.45 y 13.00 horas es en dónde ocurre el mayor valor de radiación solar con valores superiores a 5.8 KW-h/m2, y entre las 10 y 10.15am y entre las 14.30 y 15.00 ocurre los menores valores de radiación solar, ligeramente superior a los 5.00 KW-h/m2.

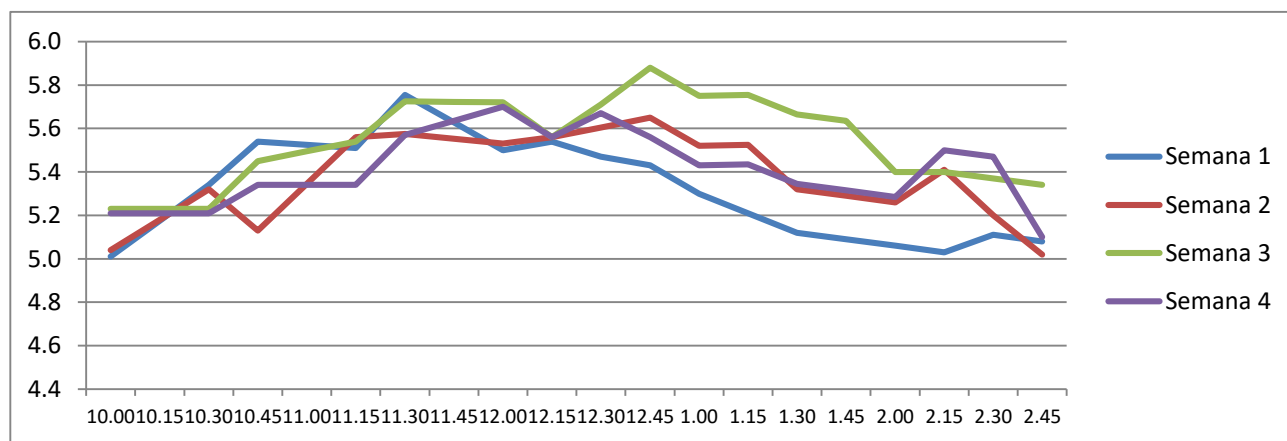


Figura 5. Niveles de radiación en KW-h/m2, en el mes de Julio 2019.

En las 4 semanas del mes de Julio del 2019, de las mediciones de radiación solar, se evidencia que entre las 12.45 y 13.00 horas es en dónde ocurre el mayor valor de radiación solar con valores superiores a 5.8 KW-h/m2, y entre las 10 y 10.15am y entre las 14.30 y 15.00 ocurre los menores valores de radiación solar, ligeramente superior a los 5.00 KW-h/m2.

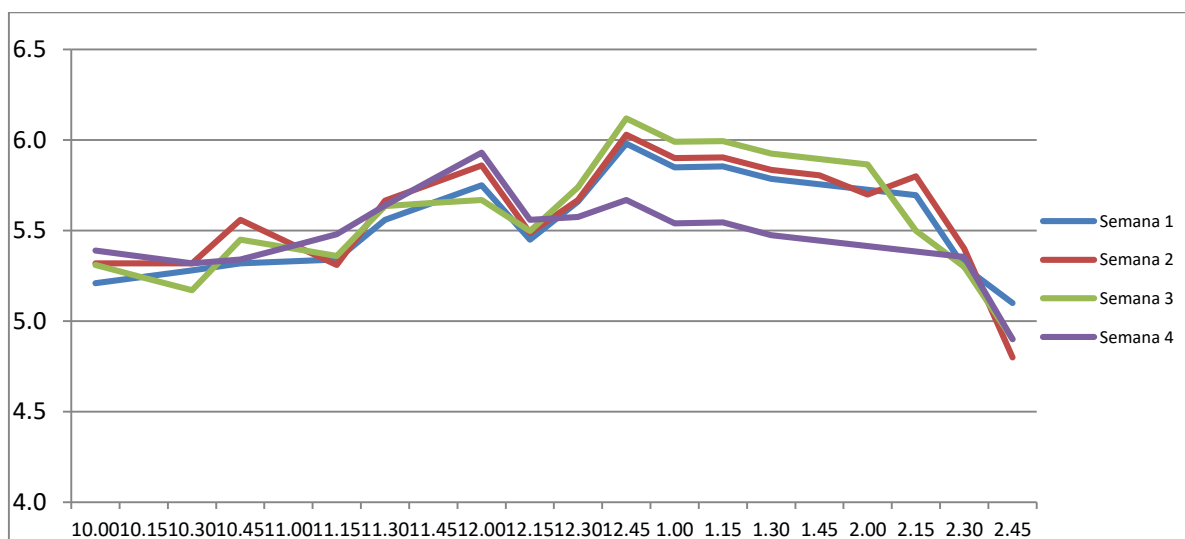


Figura 6. Niveles de radiación en KW-h/m2, en el mes de agosto 2019.

En las 4 semanas del mes de agosto del 2019, de las mediciones de radiación solar, se evidencia que entre las 12.45 y 13.00 horas es en dónde ocurre el mayor valor de radiación solar con valores superiores a 6 KW-h/m2, y entre las 10 y 10.15am y entre las 14.30 y 15.00 ocurre los menores valores de radiación solar, ligeramente superior a los 5.00 KW-h/m2.

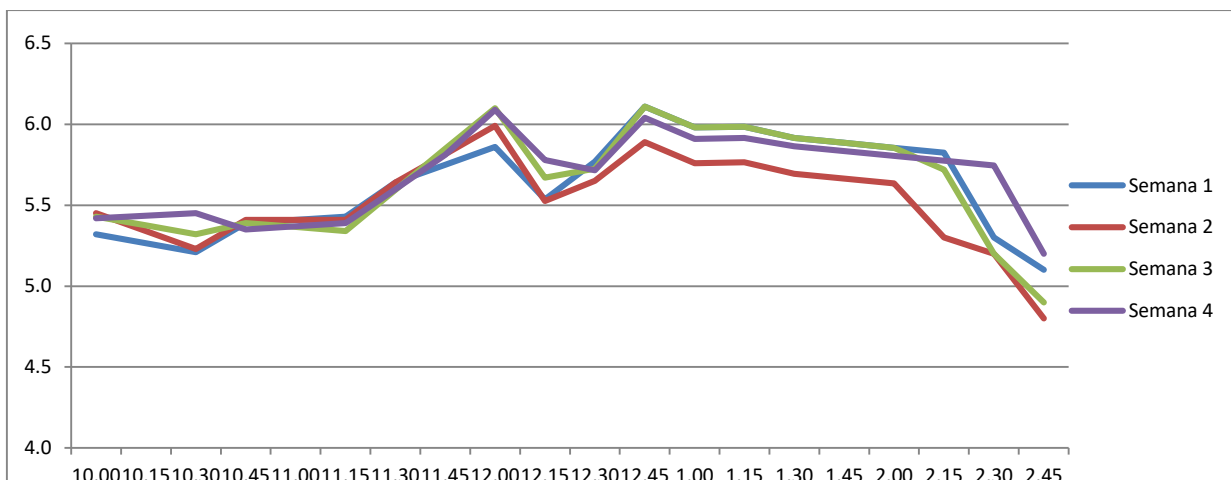


Figura 7. Niveles de radiación en KW-h/m2, en el mes de Setiembre 2019.

En las 4 semanas del mes de Setiembre del 2019, de las mediciones de radiación solar, se evidencia que entre las 11.45 y 12.00 y entre las 12.45 y 13.00 horas es en dónde ocurre el mayor valor de radiación solar con valores superiores a 6 KW-h/m2, y entre las 10 y 10.15am y entre las 14.30 y 15.00 ocurre los menores valores de radiación solar, ligeramente superior a los 5.00 KW-h/m2.

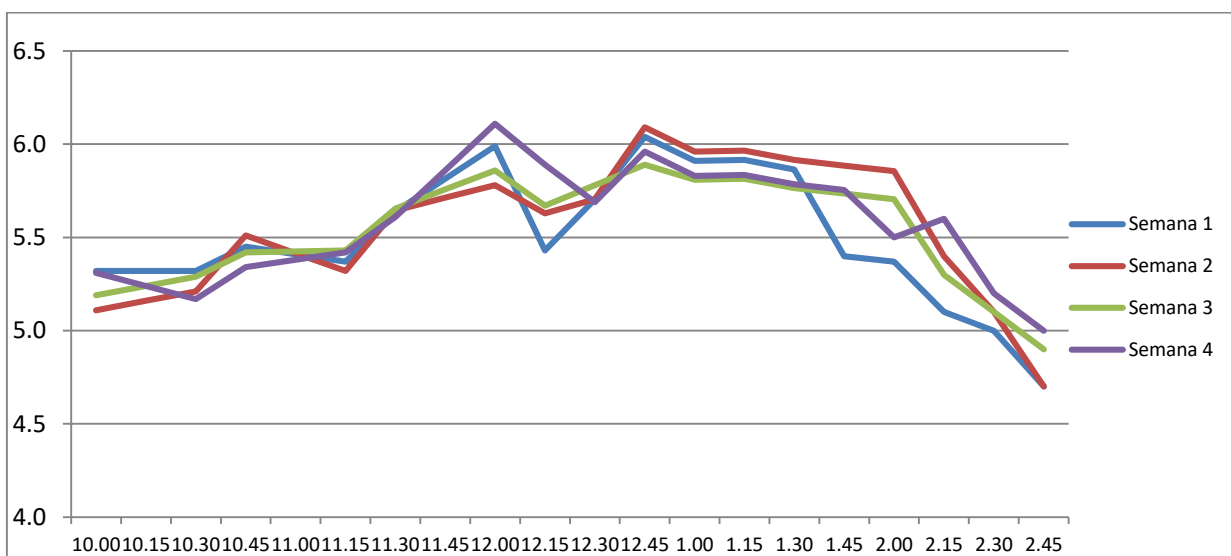


Figura 8. Niveles de radiación en KW-h/m2, en el mes de octubre 2019.

En las 4 semanas del mes de Octubre del 2019, de las mediciones de radiación solar, se evidencia que entre las 11.45 y 12.00 y entre las 12.45 y 13.00 horas es

en dónde ocurre el mayor valor de radiación solar con valores superiores a 6 KW-h/m², y entre las 10 y 10.15am y entre las 14.30 y 15.00 ocurre los menores valores de radiación solar, ligeramente superior a los 5.00 KW-h/m².

3.2.2 Determinación del potencial solar mediante el análisis probabilístico de Weibull.

Para determinar el valor de mayor probabilidad de ocurrencia de radiación solar, con los datos obtenidos en las mediciones, se analiza mediante la técnica del análisis probabilístico de Weibull, en el cual se va a determinar con que valor de radiación solar se realiza el diseño del equipo que transfiere calor desde el medio ambiente hasta el líquido refrigerante del sistema de refrigeración por absorción en la Oficina Administrativa en Campus UCV Filial Chiclayo.

Se determina el valor de probabilidad de radiación solar por cada mes de las mediciones realizadas, el método de Weibull, es un método numérico, que requiere un procedimiento para poder determinar el valor de mayor probabilidad de ocurrencia de radiación solar durante el mes de medición.

El procedimiento se realiza:

- a) Ordenar todos los valores de nivel de radiación en KW-H/m², durante cada mes.
- b) Ordenar todos los valores promedios en orden ascendente.
- c) Mediante la ecuación **$Rango = ((Mx - 0.3) / (N + 0.4))$** , se determina la mediana de la lista de observaciones, donde Mx, es la medida del valor de radiación en la posición x y N, es el número de observaciones.
- d) La función de Weibull, expresado en función exponencial, se resuelve linealizando los ejes cartesianos, mediante el logaritmo de la función, tanto

para el x como para el eje y, que finalmente constituyen puntos que se enmarcan en una ecuación de la recta.

- e) En el eje Y, queda la expresión de $\ln(\ln(1/(1-\text{Median Rank})))$, y en el eje X, los valores de los niveles de radiación solar.

Se ordena los valores de radiación solar del mes de abril del 2019, y se calcula los valores de la mediana, valores de los parámetros de la ecuación de Weibull.

Tabla 2. Análisis de parámetros de Weibull. (Niveles de radiación mes de abril 2019)

Nº	Valor de RADIACIÓN SOLAR	Mediana $((Mx - 0.3)/(N + 0.4))$,	$1/(1-\text{Mediana})$	$Y = \ln(\ln(1/(1-\text{Mediana})))$	$X = \ln(\text{MTBF})$	X.Y	X2
1	5.0	0.01	1.01	-4.74	1.60	-7.58	2.56
2	5.0	0.02	1.02	-3.85	1.60	-6.16	2.56
3	5.0	0.03	1.03	-3.38	1.62	-5.45	2.61
4	5.0	0.05	1.05	-3.06	1.62	-4.94	2.61
5	5.0	0.06	1.06	-2.81	1.62	-4.54	2.62
6	5.0	0.07	1.08	-2.61	1.62	-4.22	2.62
7	5.1	0.08	1.09	-2.44	1.62	-3.95	2.62
8	5.1	0.10	1.11	-2.30	1.62	-3.72	2.63
9	5.1	0.11	1.12	-2.17	1.62	-3.52	2.63
10	5.1	0.12	1.14	-2.05	1.63	-3.33	2.64
11	5.1	0.13	1.15	-1.95	1.63	-3.17	2.65
12	5.1	0.15	1.17	-1.85	1.63	-3.02	2.66
13	5.1	0.16	1.19	-1.76	1.63	-2.87	2.66
14	5.1	0.17	1.21	-1.68	1.63	-2.74	2.66
15	5.1	0.18	1.22	-1.60	1.63	-2.61	2.66
16	5.1	0.20	1.24	-1.53	1.63	-2.49	2.67
17	5.1	0.21	1.26	-1.46	1.63	-2.38	2.67
18	5.1	0.22	1.28	-1.39	1.64	-2.28	2.67
19	5.1	0.23	1.30	-1.33	1.64	-2.17	2.67
20	5.2	0.25	1.32	-1.27	1.64	-2.08	2.69
21	5.2	0.26	1.35	-1.21	1.64	-1.99	2.70
22	5.2	0.27	1.37	-1.16	1.65	-1.90	2.71
23	5.2	0.28	1.39	-1.10	1.65	-1.82	2.72
24	5.2	0.29	1.42	-1.05	1.65	-1.74	2.73
25	5.2	0.31	1.44	-1.00	1.65	-1.66	2.73
26	5.2	0.32	1.47	-0.95	1.65	-1.58	2.73
27	5.2	0.33	1.50	-0.91	1.66	-1.50	2.74
28	5.3	0.34	1.53	-0.86	1.66	-1.43	2.75
29	5.3	0.36	1.56	-0.82	1.66	-1.36	2.76
30	5.3	0.37	1.59	-0.77	1.66	-1.29	2.76
31	5.3	0.38	1.62	-0.73	1.67	-1.22	2.77
32	5.3	0.39	1.65	-0.69	1.67	-1.15	2.77
33	5.3	0.41	1.69	-0.65	1.67	-1.09	2.79
34	5.3	0.42	1.72	-0.61	1.67	-1.02	2.79
35	5.3	0.43	1.76	-0.57	1.67	-0.95	2.79

36	5.3	0.44	1.80	-0.53	1.67	-0.89	2.79
37	5.3	0.46	1.84	-0.49	1.68	-0.83	2.81
38	5.3	0.47	1.88	-0.46	1.68	-0.77	2.81
39	5.4	0.48	1.93	-0.42	1.68	-0.71	2.83
40	5.4	0.49	1.98	-0.38	1.68	-0.65	2.84
41	5.4	0.51	2.03	-0.35	1.69	-0.59	2.86
42	5.4	0.52	2.08	-0.31	1.69	-0.53	2.86
43	5.4	0.53	2.13	-0.28	1.69	-0.47	2.86
44	5.4	0.54	2.19	-0.24	1.69	-0.41	2.87
45	5.4	0.56	2.25	-0.21	1.69	-0.35	2.87
46	5.5	0.57	2.32	-0.17	1.70	-0.30	2.88
47	5.5	0.58	2.39	-0.14	1.70	-0.24	2.88
48	5.5	0.59	2.46	-0.11	1.70	-0.18	2.88
49	5.5	0.61	2.54	-0.07	1.70	-0.12	2.89
50	5.5	0.62	2.62	-0.04	1.70	-0.06	2.90
51	5.5	0.63	2.71	0.00	1.71	-0.01	2.91
52	5.5	0.64	2.80	0.03	1.71	0.05	2.92
53	5.5	0.66	2.90	0.06	1.71	0.11	2.93
54	5.5	0.67	3.01	0.10	1.71	0.17	2.93
55	5.5	0.68	3.13	0.13	1.71	0.23	2.93
56	5.5	0.69	3.26	0.17	1.71	0.28	2.93
57	5.6	0.71	3.39	0.20	1.72	0.34	2.96
58	5.6	0.72	3.54	0.23	1.72	0.40	2.96
59	5.6	0.73	3.71	0.27	1.72	0.46	2.96
60	5.6	0.74	3.88	0.31	1.72	0.53	2.96
61	5.6	0.75	4.08	0.34	1.72	0.59	2.97
62	5.6	0.77	4.30	0.38	1.72	0.65	2.97
63	5.6	0.78	4.54	0.41	1.73	0.72	2.99
64	5.6	0.79	4.81	0.45	1.73	0.78	2.99
65	5.6	0.80	5.12	0.49	1.73	0.85	2.99
66	5.7	0.82	5.47	0.53	1.73	0.92	3.00
67	5.7	0.83	5.87	0.57	1.73	0.99	3.00
68	5.7	0.84	6.33	0.61	1.74	1.06	3.01
69	5.7	0.85	6.87	0.66	1.74	1.14	3.02
70	5.7	0.87	7.51	0.70	1.74	1.22	3.04
71	5.7	0.88	8.29	0.75	1.75	1.31	3.05
72	5.8	0.89	9.24	0.80	1.75	1.40	3.07
73	5.8	0.90	10.44	0.85	1.76	1.50	3.11
74	5.9	0.92	12.00	0.91	1.77	1.61	3.13
75	5.9	0.93	14.11	0.97	1.77	1.72	3.14
76	5.9	0.94	17.11	1.04	1.77	1.85	3.15
77	6.0	0.95	21.73	1.12	1.79	2.01	3.19
78	6.0	0.97	29.78	1.22	1.80	2.19	3.22
79	6.0	0.98	47.29	1.35	1.80	2.43	3.23
80	6.1	0.99	114.86	1.56	1.81	2.82	3.29
		SUMA		-45.28	134.94	-71.68	227.81

Fuente: Autoría Propia.

Para determinar el valor de la confiabilidad actual, que mide la probabilidad de ocurrencia del tiempo entre fallos, se realiza mediante la distribución de probabilidad de Weibull, para lo cual se determina por la ecuación:

$$P(r) = \frac{k}{c} \left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Para determinar los parámetros de la ecuación de Weibull, se utiliza el ajuste de mínimos, que corresponde a la ecuación de probabilidad de Weibull.

$$P_i(r \leq r_i) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{r}{c}\right)^k\right]}$$

Esto se logra utilizando el método de regresión lineal, donde relaciona las variables, el proceso se ve reflejado por las ecuaciones:

$$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]$$

$$X_i = \text{Ln}(r)$$

$$a = -k\text{Ln}(c)$$

$$b = k$$

Con los valores dados, se determina la ecuación de la recta, en donde:

$$Y = aX + b$$

El método de los mínimos cuadrados, consiste en realizar la aproximación de la ecuación de la recta, y para encontrar dicho valor, se sigue el siguiente procedimiento:

a) Multiplicar los valores $X.Y$, y el valor de X al cuadrado, luego realizar la sumatoria de los valores de X , de valores de Y , y de valores $X.Y$, y la sumatoria de los cuadrados de X .

b) Se determina los valores de a y b , con las expresiones:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X.Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X.Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = 22.48$$

$$b = -38.49k$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = aX + b$$

De la expresión: $a = -k \ln(c)$ y $b=k$

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{38.49}{22.48}} = 5.53$$

El factor de escala c , indica el nivel de radiación solar y el factor de forma k es un índice de dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta los valores de radiación solar.

Factor de forma	Factor de escala (Nivel de radiación)
22.48	5.53

Probabilidad de radiación solar.

Se utiliza la ecuación de distribución de weibull,

$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores se tiene:

Tabla 3. Probabilidad ocurrencia radiación solar abril 2019

Nivel de Radiación Abril 2019	Probabilidad de ocurrencia %
5.0	99.16
5.1	99.13
5.2	98.77
5.3	98.33
5.4	97.79
5.5	97.52
5.6	97.52
5.7	97.82
5.8	98.63
5.9	99.45
6.0	99.87
6.1	100.00

Fuente: Autoría Propia

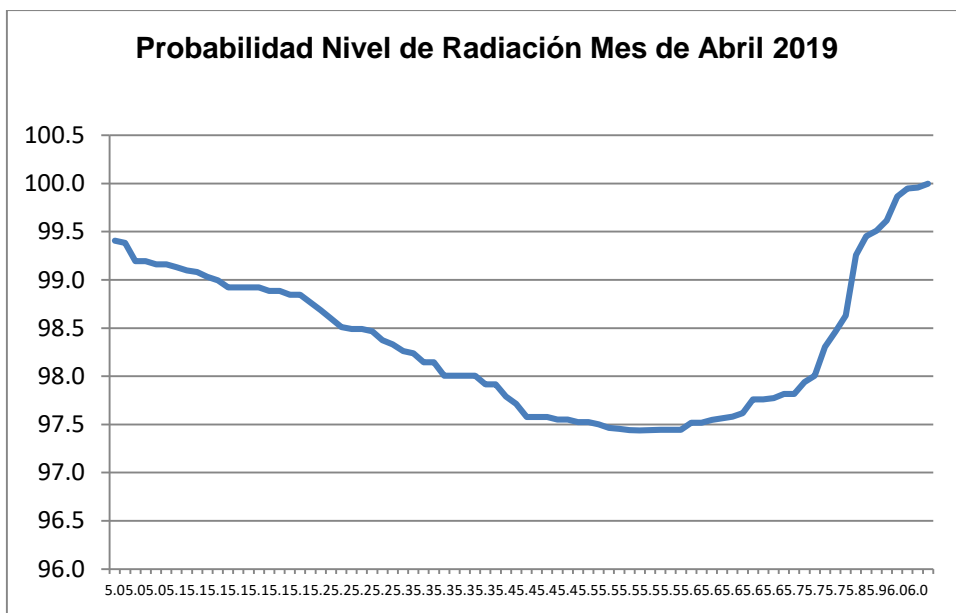


Figura 9. Probabilidad de radiación solar, mes abril 2019

Se concluye que en el mes de abril la probabilidad de tener un valor de radiación solar de 5.53 KW-H/m2, ocurre en un 97.52%.

Se ordena los valores de radiación solar del mes de mayo del 2019, y se calcula los valores de la mediana, valores de los parámetros de la ecuación de weibull.

Tabla 4. Análisis de parámetros de weibull. (Niveles de radiación mes de Mayo 2019)

Nº	Valor de RADIACIÓN SOLAR	Mediana $((Mx-0.3)/(N+0.4))$	$1/(1-Mediana)$	$Y = \ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	$X = \ln(MTBF)$	X.Y	X2
1	5.0	0.01	1.01	-4.74	1.61	-7.62	2.58
2	5.0	0.02	1.02	-3.85	1.61	-6.20	2.60
3	5.1	0.03	1.03	-3.38	1.62	-5.47	2.62
4	5.1	0.05	1.05	-3.06	1.63	-4.97	2.64
5	5.1	0.06	1.06	-2.81	1.63	-4.58	2.66
6	5.1	0.07	1.08	-2.61	1.63	-4.26	2.66
7	5.1	0.08	1.09	-2.44	1.64	-4.00	2.68
8	5.2	0.10	1.11	-2.30	1.65	-3.80	2.74
9	5.2	0.11	1.12	-2.17	1.65	-3.59	2.74
10	5.3	0.12	1.14	-2.05	1.66	-3.41	2.76
11	5.3	0.13	1.15	-1.95	1.67	-3.25	2.78

12	5.3	0.15	1.17	-1.85	1.67	-3.09	2.79
13	5.3	0.16	1.19	-1.76	1.67	-2.94	2.80
14	5.3	0.17	1.21	-1.68	1.67	-2.81	2.80
15	5.4	0.18	1.22	-1.60	1.69	-2.70	2.84
16	5.4	0.20	1.24	-1.53	1.69	-2.57	2.84
17	5.4	0.21	1.26	-1.46	1.69	-2.46	2.85
18	5.4	0.22	1.28	-1.39	1.69	-2.35	2.86
19	5.4	0.23	1.30	-1.33	1.69	-2.25	2.86
20	5.4	0.25	1.32	-1.27	1.69	-2.15	2.86
21	5.4	0.26	1.35	-1.21	1.69	-2.05	2.86
22	5.4	0.27	1.37	-1.16	1.69	-1.96	2.87
23	5.5	0.28	1.39	-1.10	1.70	-1.87	2.88
24	5.5	0.29	1.42	-1.05	1.70	-1.78	2.88
25	5.5	0.31	1.44	-1.00	1.70	-1.70	2.88
26	5.5	0.32	1.47	-0.95	1.70	-1.62	2.88
27	5.5	0.33	1.50	-0.91	1.70	-1.54	2.88
28	5.5	0.34	1.53	-0.86	1.70	-1.46	2.88
29	5.5	0.36	1.56	-0.82	1.70	-1.39	2.88
30	5.5	0.37	1.59	-0.77	1.70	-1.31	2.88
31	5.5	0.38	1.62	-0.73	1.70	-1.24	2.89
32	5.5	0.39	1.65	-0.69	1.70	-1.18	2.90
33	5.5	0.41	1.69	-0.65	1.70	-1.11	2.91
34	5.5	0.42	1.72	-0.61	1.71	-1.04	2.92
35	5.5	0.43	1.76	-0.57	1.71	-0.98	2.92
36	5.5	0.44	1.80	-0.53	1.71	-0.91	2.93
37	5.5	0.46	1.84	-0.49	1.71	-0.85	2.93
38	5.5	0.47	1.88	-0.46	1.71	-0.78	2.93
39	5.5	0.48	1.93	-0.42	1.71	-0.72	2.93
40	5.5	0.49	1.98	-0.38	1.71	-0.66	2.93
41	5.5	0.51	2.03	-0.35	1.71	-0.60	2.93
42	5.5	0.52	2.08	-0.31	1.71	-0.54	2.93
43	5.6	0.53	2.13	-0.28	1.71	-0.48	2.94
44	5.6	0.54	2.19	-0.24	1.71	-0.42	2.94
45	5.6	0.56	2.25	-0.21	1.72	-0.36	2.94
46	5.6	0.57	2.32	-0.17	1.72	-0.30	2.96
47	5.6	0.58	2.39	-0.14	1.73	-0.24	2.98
48	5.6	0.59	2.46	-0.11	1.73	-0.18	2.99
49	5.6	0.61	2.54	-0.07	1.73	-0.12	3.00
50	5.6	0.62	2.62	-0.04	1.73	-0.07	3.00
51	5.7	0.63	2.71	0.00	1.73	-0.01	3.00
52	5.7	0.64	2.80	0.03	1.73	0.05	3.00
53	5.7	0.66	2.90	0.06	1.74	0.11	3.01
54	5.7	0.67	3.01	0.10	1.74	0.17	3.01

55	5.7	0.68	3.13	0.13	1.74	0.23	3.02
56	5.7	0.69	3.26	0.17	1.74	0.29	3.02
57	5.7	0.71	3.39	0.20	1.74	0.35	3.02
58	5.7	0.72	3.54	0.23	1.74	0.41	3.03
59	5.7	0.73	3.71	0.27	1.74	0.47	3.03
60	5.7	0.74	3.88	0.31	1.74	0.53	3.04
61	5.7	0.75	4.08	0.34	1.74	0.59	3.04
62	5.7	0.77	4.30	0.38	1.74	0.66	3.04
63	5.7	0.78	4.54	0.41	1.75	0.72	3.05
64	5.8	0.79	4.81	0.45	1.75	0.79	3.06
65	5.8	0.80	5.12	0.49	1.75	0.86	3.06
66	5.8	0.82	5.47	0.53	1.75	0.93	3.07
67	5.8	0.83	5.87	0.57	1.75	1.00	3.07
68	5.8	0.84	6.33	0.61	1.75	1.07	3.07
69	5.8	0.85	6.87	0.66	1.75	1.15	3.07
70	5.8	0.87	7.51	0.70	1.75	1.23	3.08
71	5.8	0.88	8.29	0.75	1.76	1.31	3.08
72	5.9	0.89	9.24	0.80	1.77	1.41	3.12
73	5.9	0.90	10.44	0.85	1.77	1.51	3.12
74	5.9	0.92	12.00	0.91	1.77	1.61	3.14
75	6.0	0.93	14.11	0.97	1.79	1.74	3.20
76	6.0	0.94	17.11	1.04	1.79	1.87	3.20
77	6.0	0.95	21.73	1.12	1.79	2.01	3.21
78	6.0	0.97	29.78	1.22	1.79	2.19	3.22
79	6.0	0.98	47.29	1.35	1.80	2.43	3.23
80	6.0	0.99	114.86	1.56	1.80	2.80	3.23
		SUMA		-45.28	137.09	-73.41	235.07

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 5. Probabilidad ocurrencia radiación solar Mayo 2019

Nivel de Radiación Mayo 2019	Probabilidad de ocurrencia %
5.0	99.7
5.1	99.6
5.2	99.1
5.3	98.9
5.4	98.2

5.5	97.8
5.6	97.2
5.7	96.9
5.8	97.3
5.9	98.3
6.0	99.6

Fuente: Autoría Propia

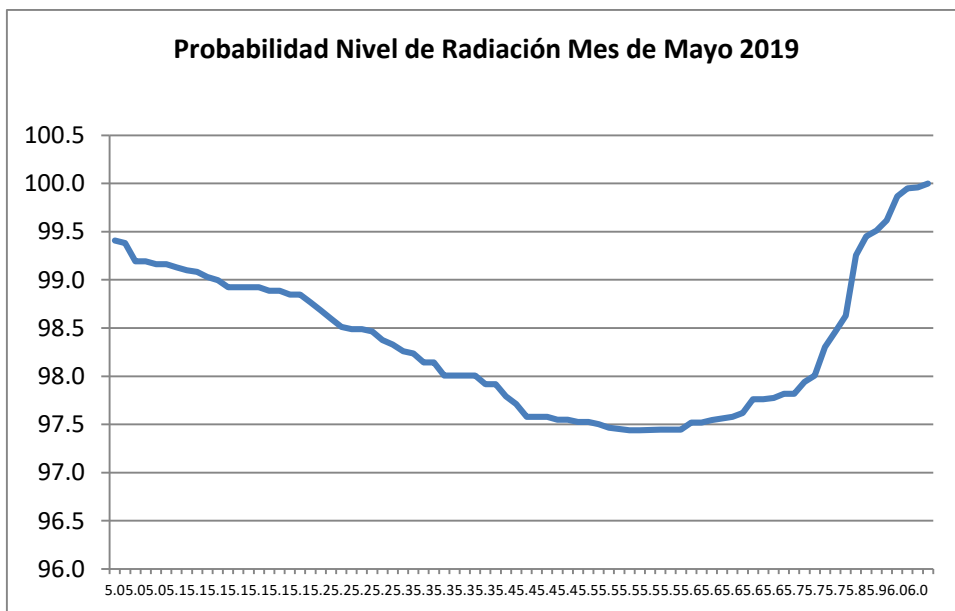


Figura 10. Probabilidad de radiación solar, mes Mayo 2019

Se concluye que en el mes de Mayo la probabilidad de tener un valor de radiación solar de 5.66 KW-H/m², ocurre en un 96.8%.

Se ordena los valores de radiación solar del mes de Junio del 2019, y se calcula los valores de la mediana, valores de los parámetros de la ecuación de weibull.

Tabla 6. Análisis de parámetros de weibull. (Niveles de radiación mes de Junio 2019)

Nº	Valor de RADIACIÓN SOLAR	Mediana ((Mx- 0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	$Y = \ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	$X = \ln(MTBF)$	X.Y	X2
1	5.0	0.01	1.01	-4.74	1.61	-7.64	2.60
2	5.0	0.02	1.02	-3.85	1.61	-6.20	2.60
3	5.0	0.03	1.03	-3.38	1.62	-5.45	2.61
4	5.0	0.05	1.05	-3.06	1.62	-4.94	2.62
5	5.1	0.06	1.06	-2.81	1.62	-4.56	2.63
6	5.1	0.07	1.08	-2.61	1.63	-4.24	2.64
7	5.1	0.08	1.09	-2.44	1.63	-3.97	2.65
8	5.1	0.10	1.11	-2.30	1.63	-3.74	2.65
9	5.1	0.11	1.12	-2.17	1.63	-3.53	2.66
10	5.1	0.12	1.14	-2.05	1.63	-3.35	2.67
11	5.1	0.13	1.15	-1.95	1.64	-3.18	2.67
12	5.2	0.15	1.17	-1.85	1.64	-3.04	2.70
13	5.2	0.16	1.19	-1.76	1.64	-2.90	2.71
14	5.2	0.17	1.21	-1.68	1.65	-2.77	2.72
15	5.2	0.18	1.22	-1.60	1.65	-2.64	2.72
16	5.2	0.20	1.24	-1.53	1.65	-2.52	2.72
17	5.2	0.21	1.26	-1.46	1.65	-2.41	2.72
18	5.2	0.22	1.28	-1.39	1.65	-2.30	2.72
19	5.2	0.23	1.30	-1.33	1.65	-2.20	2.74
20	5.2	0.25	1.32	-1.27	1.65	-2.10	2.74
21	5.2	0.26	1.35	-1.21	1.65	-2.00	2.74
22	5.3	0.27	1.37	-1.16	1.66	-1.92	2.76
23	5.3	0.28	1.39	-1.10	1.66	-1.84	2.77
24	5.3	0.29	1.42	-1.05	1.67	-1.75	2.77
25	5.3	0.31	1.44	-1.00	1.67	-1.67	2.78
26	5.3	0.32	1.47	-0.95	1.67	-1.59	2.79
27	5.3	0.33	1.50	-0.91	1.67	-1.52	2.79
28	5.3	0.34	1.53	-0.86	1.67	-1.44	2.79
29	5.3	0.36	1.56	-0.82	1.68	-1.37	2.81
30	5.3	0.37	1.59	-0.77	1.68	-1.30	2.81
31	5.3	0.38	1.62	-0.73	1.68	-1.23	2.81
32	5.3	0.39	1.65	-0.69	1.68	-1.16	2.81
33	5.3	0.41	1.69	-0.65	1.68	-1.09	2.81
34	5.3	0.42	1.72	-0.61	1.68	-1.02	2.81
35	5.3	0.43	1.76	-0.57	1.68	-0.96	2.81
36	5.4	0.44	1.80	-0.53	1.68	-0.90	2.83
37	5.4	0.46	1.84	-0.49	1.69	-0.83	2.84
38	5.4	0.47	1.88	-0.46	1.69	-0.77	2.84
39	5.4	0.48	1.93	-0.42	1.69	-0.71	2.85
40	5.4	0.49	1.98	-0.38	1.69	-0.65	2.86
41	5.4	0.51	2.03	-0.35	1.69	-0.59	2.86

42	5.4	0.52	2.08	-0.31	1.69	-0.53	2.87
43	5.5	0.53	2.13	-0.28	1.70	-0.47	2.88
44	5.5	0.54	2.19	-0.24	1.70	-0.41	2.89
45	5.5	0.56	2.25	-0.21	1.70	-0.35	2.89
46	5.5	0.57	2.32	-0.17	1.70	-0.30	2.90
47	5.5	0.58	2.39	-0.14	1.70	-0.24	2.91
48	5.5	0.59	2.46	-0.11	1.70	-0.18	2.91
49	5.5	0.61	2.54	-0.07	1.71	-0.12	2.91
50	5.5	0.62	2.62	-0.04	1.71	-0.06	2.92
51	5.5	0.63	2.71	0.00	1.71	-0.01	2.92
52	5.5	0.64	2.80	0.03	1.71	0.05	2.92
53	5.5	0.66	2.90	0.06	1.71	0.11	2.92
54	5.5	0.67	3.01	0.10	1.71	0.17	2.93
55	5.5	0.68	3.13	0.13	1.71	0.23	2.93
56	5.5	0.69	3.26	0.17	1.71	0.28	2.93
57	5.6	0.71	3.39	0.20	1.71	0.34	2.94
58	5.6	0.72	3.54	0.23	1.72	0.40	2.94
59	5.6	0.73	3.71	0.27	1.72	0.46	2.94
60	5.6	0.74	3.88	0.31	1.72	0.52	2.94
61	5.6	0.75	4.08	0.34	1.72	0.59	2.94
62	5.6	0.77	4.30	0.38	1.72	0.65	2.94
63	5.6	0.78	4.54	0.41	1.72	0.71	2.95
64	5.6	0.79	4.81	0.45	1.72	0.78	2.95
65	5.6	0.80	5.12	0.49	1.72	0.85	2.97
66	5.6	0.82	5.47	0.53	1.73	0.92	2.98
67	5.6	0.83	5.87	0.57	1.73	0.99	2.99
68	5.6	0.84	6.33	0.61	1.73	1.06	2.99
69	5.7	0.85	6.87	0.66	1.73	1.14	3.00
70	5.7	0.87	7.51	0.70	1.73	1.22	3.01
71	5.7	0.88	8.29	0.75	1.74	1.30	3.01
72	5.7	0.89	9.24	0.80	1.74	1.39	3.03
73	5.7	0.90	10.44	0.85	1.74	1.49	3.04
74	5.7	0.92	12.00	0.91	1.74	1.59	3.04
75	5.7	0.93	14.11	0.97	1.74	1.70	3.04
76	5.7	0.94	17.11	1.04	1.74	1.82	3.04
77	5.8	0.95	21.73	1.12	1.75	1.97	3.06
78	5.8	0.97	29.78	1.22	1.75	2.14	3.06
79	5.8	0.98	47.29	1.35	1.75	2.36	3.06
80	5.9	0.99	114.86	1.56	1.77	2.76	3.14
		SUMA		-45.28	135.04	-72.71	228.09

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 7. Probabilidad ocurrencia radiación solar Junio 2019

Nivel de Radiación Junio 2019	Probabilidad de ocurrencia %
5.0	99.6
5.1	99.4
5.2	99.2
5.3	98.9
5.4	98.4
5.5	98.0
5.7	99.3
5.8	99.5
5.9	100.0

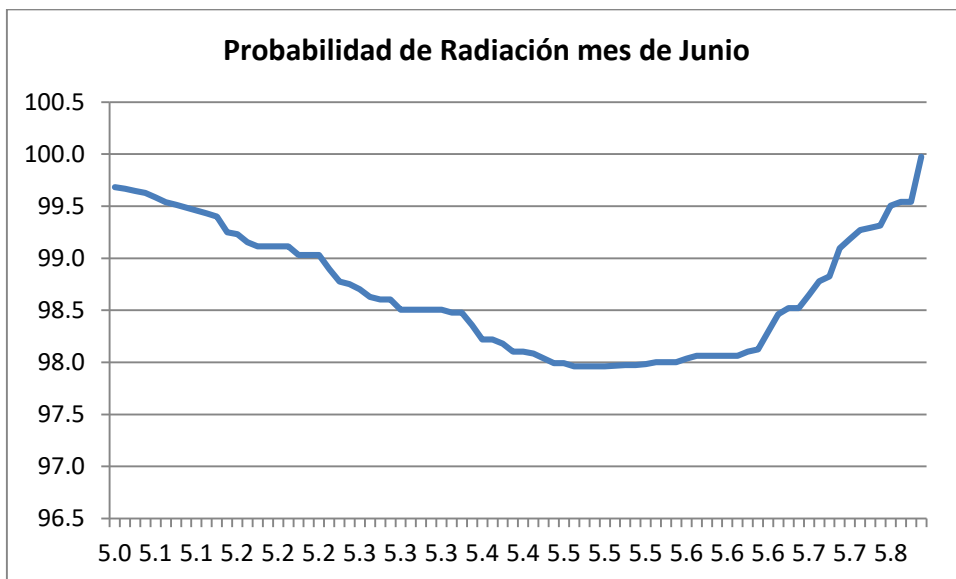


Figura 11. Probabilidad de radiación solar, mes Junio 2019

Se concluye que en el mes de Junio la probabilidad de tener un valor de radiación solar de 5.51 KW-H/m², ocurre en un 97.1%.

De manera análoga, se realiza el análisis para los meses de Julio, Agosto, Setiembre y octubre, en la tabla 8, se muestra los valores de probabilidad de ocurrencia del valor de radiación solar promedio utilizando el análisis de weibull.

Tabla 8. Probabilidad de Radiación solar por mes

Mes	Radiación Solar KW-h/m2	Probabilidad %
abr-19	5.53	97.52
may-19	5.66	96.8
jun-19	5.51	97.1
jul-19	5.57	96.5
ago-19	5.64	97.3
sep-19	5.59	95.4
oct-19	5.65	96.1

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 8, se puede analizar que el nivel de radiación con menor probabilidad en los siete meses de las mediciones realizadas, es de 5.51 KW-h/m2, con una probabilidad de ocurrencia de 96.5%, que será el valor que se utiliza en el balance térmico en el colector solar del sistema de refrigeración por absorción de la Oficina Administrativa en Campus UCV Filial Chiclayo.

3.3 Seleccionar los dispositivos del sistema de aire acondicionado, el cual utiliza el sistema de absorción de calor.

Los dispositivos que forman parte del sistema de aire acondicionado por absorción se muestran en la figura

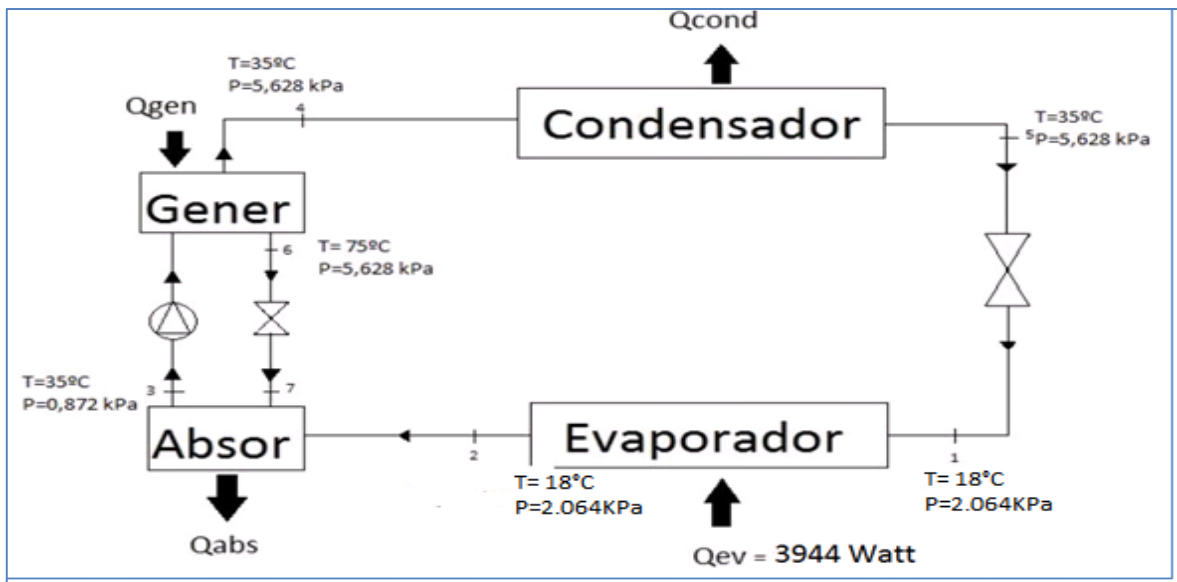


Figura 12. Elementos del sistema de refrigeración por absorción.

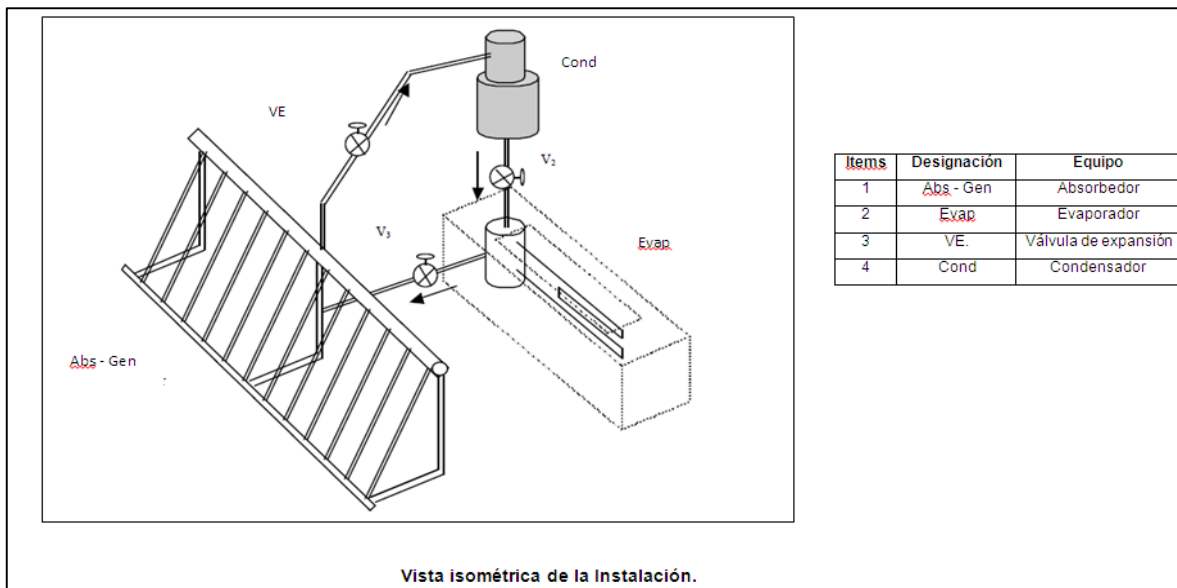
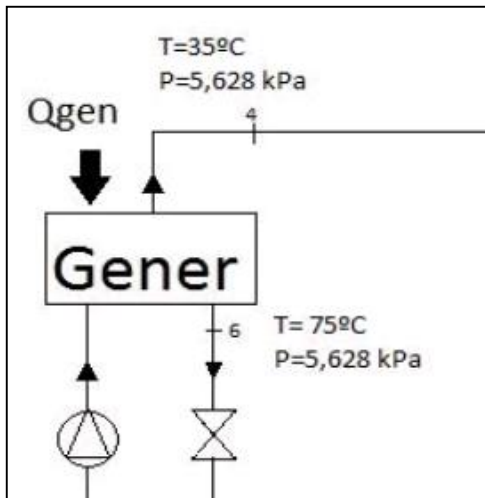


Figura 13. Esquema de sistema de refrigeración por absorción

Selección del Generador del sistema.

El colector solar (Generador) es el que entrega energía calorífica al sistema para el accionamiento del sistema de aire acondicionado por absorción, ubicado en el techo de la oficina administrativa del campus UCV Filial Chiclayo. De acuerdo al análisis

de las cargas térmicas descritas en el objetivo 1 de la investigación se determinó que el calor que se requiere $Q_{gen} = 5247.25 \text{ Watt}$.



Así mismo, el colector de energía solar, es un dispositivo, en el cual el captador de la radiación solar es por medio de unas planchas de aluminio, y que para incrementar la cantidad de calor que absorbe, las planchas de aluminio son corrugadas.

Se dimensiona el área de las planchas de aluminio:

Longitud: 0.85m

Ancho: 1.50m

Espesor: 0.7mm

La determinación del calor que logra captar el generador, está dada por el valor de la radiación solar al cual está expuesto, el valor que se encontró en el objetivo 2 de la presente investigación es de 5.51 KW-h/m^2 con una probabilidad de ocurrencia del 97.1%, utilizando la expresión:

$$Q_c = Q_d * A_c$$

Dónde:

Qc: Calor que capta el colector.

Qd: Calor disponible en el entorno.

Ac: Área total del colector solar.

Reemplazando valores, se tiene:

$$Q_c = 5510 \text{ Watt} - h/m^2 * A \text{ m}^2$$

Con lo cual se puede determinar el área del colector: La cantidad de calor que requiere el colector solar (absorbedor), determinado en el ítem 3.2 es de 5247.25 Watt. Igualando la cantidad de calor en el periodo de una hora, que capta el colector y la cantidad de calor que requiere transferir el colector solar hacia el absorbedor del sistema, se tiene:

$$Q_c = Q_{abs}$$

$$5510 * A = 5247.25 + \text{Pérdidas de calor en el colector solar}$$

La determinación de las Pérdidas P_c , se determinan, de acuerdo a la configuración del colector solar, en el cual el calor es absorbido por dos placas paralelas de vidrio, con un espacio entre ambas placas para generar una zona caliente entre placas, a fin de que se genere un flujo de aire caliente entre dichas placas de vidrio.

En la figura, se observa que la energía calorífica irradiada por el sol, tiene tres eventos, que es la reflexión, la absorción y la trasmisión en cada una de las placas de vidrio.

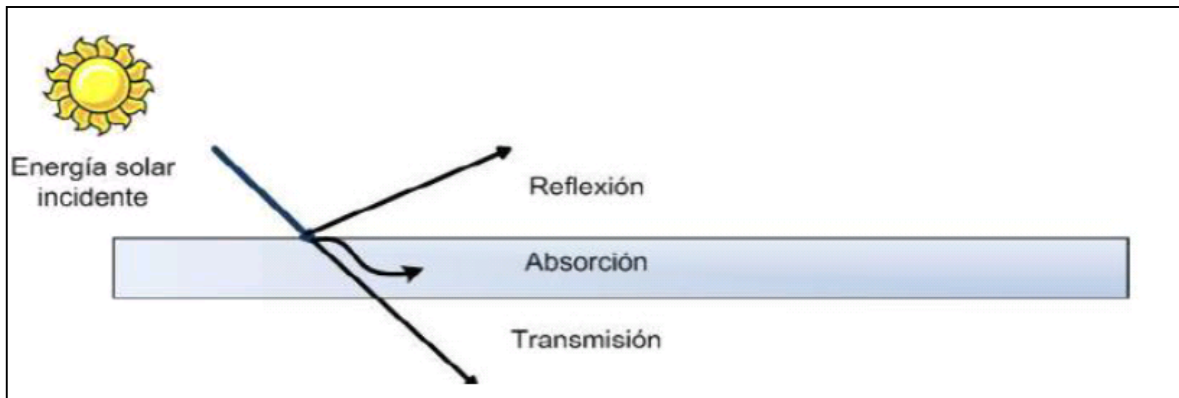


Figura 14 Energía solar incidente.

La suma de los tres procesos de transferencia de calor en las placas de vidrio: Reflexión, la absorción y la absorción, es la cantidad de calor captado por las placas de vidrio.

$$A + R + T = 100\%.$$

Dónde:

- A: Porcentaje de calor captado por absorción.
- B. Porcentaje de calor captado por Reflexión.
- C: Porcentaje de calor captado por transmisión.

En proceso en la primera placa de vidrio, el cual posee hierro en su composición, tiene un porcentaje de reflexión de calor de 8%, y un porcentaje de absorción de 8%, por lo tanto, la cantidad de calor que transporta hacia la siguiente placa de vidrio, será la diferencia, es decir $100 - 8 - 7 = 85\%$.

Es decir, el 85% de la cantidad de calor captada por la placa de vidrio, $0.85 \cdot Q_c$, éste será el calor que llegará a la segunda placa de vidrio.

De la misma forma, la segunda placa de vidrio tiene un porcentaje de reflexión de 7% y un porcentaje de absorción de 8%, es decir la cantidad de calor que logra transportar la segunda placa de vidrio será el 85%, del calor que incide en ésta placa, es decir $0.85 \cdot (0.85) = 0.722$; es decir que en porcentaje el calor que no se logra transferir hacia el colector solar es $1 - 0.722 = 0.278$; el 27.8%

Luego, reemplazando los valores se tiene:

$$5510 \cdot A = 5247.25 + \text{Pérdidas de calor en el colector solar}$$

$$5510 A = 5247.25 + 0.278 (5247.25)$$

$$5510 A = 6705.98$$

$$A = 6705.98/5510 = 1.21\text{m}^2$$

Transferencia de calor en colector solar.

El área que se requiere del colector solar es de 121 m², de 0.85m de largo y 1.50m de ancho, el cual entrega el calor hacia el generador del sistema de aire acondicionado por absorción; para el diseño se toma el valor encontrado en el ítem 3.2 del potencial de radiación solar, que por el método estadístico de Weibull se determinó un valor de 5.51 KW-h/m², con una probabilidad del 97.1%.

El colector es de placas planas, y está formado con placa de absorción de Aluminio y una plancha de vidrio en la cubierta. Sus características son:

Especificaciones Técnicas de colector solar

ÁREA DEL COLECTOR	: $A_c = 1.54 \text{ m}^2$
NÚMERO DE PLANCHAS DE VIDRIO	: $N = 1$
ESPESOR DE LA PLANCHA DE VIDRIO	: $L = 0,005 \text{ m}$ (5mm)
COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DEL VIDRIO	: $K_a = 3,0 \text{ m}^{-1}$
ABSORBENCIA DE LA PLANCHA	: $\alpha = 0,95$
ESPESOR DE LA PLANCHA COLECTOR	: $d = 0.0015 \text{ m}$
TEMPERATURA DE ENTRADA DEL FLUIDO	: $T_f = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ (308K)
TEMPERATURA MEDIA DEL COLECTOR	: $T_p = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ (348 K) (temperatura de trabajo)
INCLINACIÓN DEL COLECTOR radiación	: $\beta = 12^\circ$ ángulo de incidencia de solar

Selección de las dimensiones del evaporador.

El evaporador del sistema será capaz de extraer del sistema 5247.25 Watt, el cual es un intercambiador de calor, por el interior circula el líquido refrigerante, y por el exterior el flujo de aire que se renueva en el ambiente a refrigerar. El evaporador está compuesto por un serpentín de tuberías, normalmente de acero, que para este caso se selecciona evaporador de 6000 Watt, con tuberías de acero al 0,5% al carbono, que es el que normalmente se utiliza en este tipo de instalaciones, con las siguientes dimensiones de acuerdo al manual de fabricante de tuberías. Para el diseño del evaporador se utilizará una tubería de acero al 0.5 de carbono.

Tabla 9. Manual de fabricante de tuberías.

Ítem.	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior
acero ASTM 106 cedula numero 40	1/8 Pulgadas	0.405 Pulgadas	0,268 Pulgadas

Fuente: Tuberías para sistemas de frío.

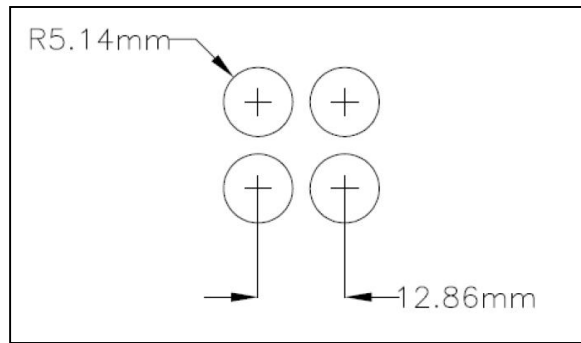


Figura N°.15 Configuración del evaporador de casco y tubos

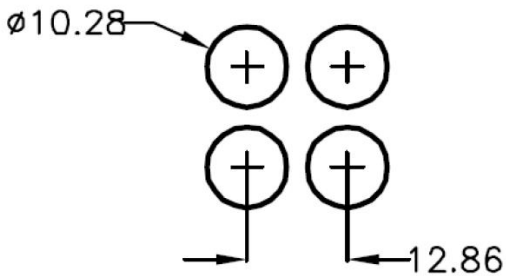


Figura 16. Evaporador del sistema de refrigeración por absorción.

Selección del condensador del sistema

El condensador del sistema, es el encargado de intercambiar energía del líquido refrigerante con el medio exterior, para lo cual se selecciona un condensado de casco y tubos.

Ítems	Valor
Diagrama Térmico	
Acero ASTM 106 cedula numero 40	<p>Diám Nom. 1/8 Pulgadas.</p> <p>Diám. Ext. 0.405 Pulgadas</p> <p>Diám. Int. 0,268 Pulgadas</p>
La resistencia térmica del acero por conductividad. (Rac)	$1,20 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/W}$
La resistencia térmica en el interior de la tubería por Convección. (Ri)	$17,49 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/W}$
La resistencia térmica para la superficie exterior por convección. (Re)	$4,57 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C/W}$
Coeficiente global de transferencia de calor (U)	$1616 \text{ W/}^{\circ}\text{C.m}^2$
Área de intercambio de calor (At)	$15,25 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$

Número de tubos (N)	4
Longitud de los tubos (L)	0,51m
Configuración de los tubos	 <p>Diagrama de configuración de tubos: cuatro tubos dispuestos en un cuadrado. El diámetro de cada tubo es 10.28 mm. La longitud de los tubos es 12.86 mm.</p>

3.4 Realizar una evaluación económica, utilizando indicadores económicos, tales como Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio Costo.

3.4.1 Inversión inicial de la propuesta.

La inversión de la propuesta, es el costo de adquisición de los equipos del sistema de aire acondicionado por absorción.

Tabla 10. Inversión inicial de la propuesta.

Items		Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total(S/.)
Equipamiento	Colector (Absorbedor)	Equipo	1	560	740
	Generador del sistema	Equipo	1	280	350
	Condensador del sistema	Equipo	1	320	450

	Evaporador del sistema	Equipo	1	230	470
	Válvula de Expansión	Equipo	1	70	60
	Amoniaco	Kg	0,5	80	40
Material de Ferretería		Varios	1	130	130
Instalación del sistema		Unidad	1	230	230
Mantenimiento		Unidad	1	120	120
Total S/.					2590

Fuente: Autoría Propia.

3.4.2 Ingresos del Proyecto.

Los beneficios económicos que se obtiene al contar con un sistema de aire acondicionado por absorción con energía solar, son los ahorros por energía eléctrica si se utilizara un sistema de aire acondicionado por compresión de vapor.

La cantidad de energía que requiere el sistema es de 5247.25+ Pérdidas de calor en el colector solar, que totalizan 6705.98 Watt; teniendo en cuenta que 1 KW-h equivale a 3600 KJ, la cantidad de energía para un tiempo de funcionamiento de 2 horas, son $6705.98 \times 4 = 26893.9$ Watt – Hora, es decir 26.89 KW-h, que para un precio promedio de 0.65 Soles por Kilowatt hora, contabilizan $26.89 \times 0.65 = 17.41$ soles al día, teniendo en cuenta que el aula es ocupada incluso los sábados y domingos, se tiene que el ahorro de energía eléctrica por cada mes es de $17.41^* 30 = 524.35$ Soles.

3.4.3 Flujo de Caja del Proyecto.

Se analiza el Proyecto para un tiempo de 01 año, por ser un tipo de inversiones pequeñas, el tiempo de recuperación de capital, tiene un tiempo a corto plazo.

Tabla 11. Ingresos y egresos del proyecto propuesto.

Mes		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos														
Egresos	Inversión Inicial	2590	524.4	525.4	526.4	527.4	528.4	529.4	530.4	531.4	532.4	533.4	534.4	535.4
	Costo de Mantenimiento		52.4	52.5	52.6	52.7	52.8	52.9	53.0	53.1	53.2	53.3	53.4	53.5
	Utilidad S/.		471.9	472.8	473.7	474.6	475.5	476.4	477.3	478.2	479.1	480.0	480.9	481.8

Fuente. Autoría Propia

La inversión inicial de 2570 Nuevos Soles, es producto de un préstamo bancario, que tiene un interés mensual de 3.5%, por lo tanto, las cuotas de amortización para la entidad bancaria, se determina, mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{INV [i * (1 + i)^n]}{(1 + i)^n - 1}$$

Tabla. 12 Cálculo de valor actual neto.

Mes		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos														
Egresos	Inversión Inicial	2590	524.4	525.4	526.4	527.4	528.4	529.4	530.4	531.4	532.4	533.4	534.4	535.4
	Costo de Mantenimiento		52.4	52.5	52.6	52.7	52.8	52.9	53.0	53.1	53.2	53.3	53.4	53.5
	Utilidad S/.		471.9	472.8	473.7	474.6	475.5	476.4	477.3	478.2	479.1	480.0	480.9	481.8
														S/. 4,471.48
														VNA(0.04,F12:Q13)

Fuente. Autoría Propia.

El valor actual neto se obtiene restando del valor de la inversión las utilidades anualizadas al año cero:

$$4471.48 - 2590 = 1881.5 \text{ Soles}$$

Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interna de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados más los costos actualizados, con una tasa de interés a determinar es igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Rd * \left[\frac{1 - (1 + TIR)^{-n}}{TIR} \right]}{TIR * (1 + TIR)^n}$$

Dónde:

Inv.: Inversión Inicial 3770

Rd: Ingresos mensuales - costos mensuales = 1200 – 75,4 = 1124,6 Nuevos Soles.

n: Número de meses: 12

TIR: Tasa Interna de Retorno.

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo este igual a 28% mensual, que representa un valor superior al interés bancario actual que oscila entre el 4 y 8% mensual.

Tabla 13. Cálculo de Tasa Interna de Retorno

Mes		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos														
Egresos	Inversión Inicial	2590	524.4	525.4	526.4	527.4	528.4	529.4	530.4	531.4	532.4	533.4	534.4	535.4
	Costo de Mantenimiento		52.4	52.5	52.6	52.7	52.8	52.9	53.0	53.1	53.2	53.3	53.4	53.5
	Utilidad S/.	-2590	471.9	472.8	473.7	474.6	475.5	476.4	477.3	478.2	479.1	480.0	480.9	481.8
TIR (E12:Q13)														14.88%

Fuente: Autoría Propia.

Relación Beneficio Costo

La relación beneficio / costo es de 4471.48 / 2590, es de 1.72, valor que hace viable la ejecución de la propuesta de la instalación de un aire acondicionado utilizando energía solar

IV. DISCUSIÓN

El uso de la energía solar para generar frío, es por el sistema de refrigeración por compresión de vapor y por el sistema de absorción. En lo que respecta al sistema de aire acondicionado por compresión de vapor, se requiere de accionar el compresor del sistema, la energía mecánica proviene de la energía de un motor eléctrico, al cual se requiere alimentar con energía eléctrica almacenada o energía eléctrica proveniente de un panel fotovoltaico, por lo cual el sistema requiere de más elementos si se compara con el sistema de refrigeración por absorción, en el cual el sistema realiza el intercambio de energía calorífica proveniente de los niveles de radiación solar, para efectos de incrementar la temperatura y con ello incrementar la presión del líquido refrigerante, cumpliendo con el proceso de refrigeración, con 4 elementos básicos, que son el evaporador, el condensador, la válvula de expansión y el generador – absorbedor del sistema.

La toma de decisión de utilizar la forma de generar frío, es decir utilizar el sistema por absorción, es porque el uso directo del calor al sistema, incrementa la eficiencia térmica del sistema, no hay pérdidas en convertir energía calorífica en eléctrica, luego en química, para finalmente nuevamente convertirla de química a eléctrica y mecánica, que es el caso de sistema de refrigeración por compresión de vapor.

Los valores de radiación solar analizados presentan poca dispersión a lo largo del periodo analizados, siendo el valor más bajo de 4.8 KW-H/m², que ocurre entre las 10y 10.15 am, así como también entre las 2.45 y 3.00 pm, mientras que el valor más alto ocurre entre las 12.55 y 1.00pm, con valores ligeramente superiores a los 6 KW-H/m², es por ello que el análisis de probabilidad de weibull, la probabilidad de ocurrencia de un valor de radiación solar es alta, superior al 95%.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de la carga térmica en la oficina administrativa, siendo el valor de la carga térmica total es 5247.25 Watt, que es el calor que se extrae con el sistema de refrigeración por absorción, objeto de estudio del presente proyecto de investigación.
- Se hizo las mediciones del nivel de radiación, y con el método de análisis probabilístico de weibull, en los siete meses de las mediciones realizadas, se determinó que es de 5.51 KW-h/m², con una probabilidad de ocurrencia de 96.5%, que será el valor que se utiliza en el balance térmico en el colector solar del sistema de refrigeración por absorción de la Oficina Administrativa en Campus UCV Filial Chiclayo.
- Se seleccionó el colector solar, el área se requiere del colector solar es de 121 m², de 0.85m de largo y 1.50m de ancho, el cual entrega el calor hacia el generador del sistema de aire acondicionado por absorción.
- Se hizo la evaluación económica del proyecto, determinándose un valor actual neto de 1881.5 Soles, una tasa interna de retorno del 14.88% y una relación beneficio costo de 1.72, indicadores que hacen factible la ejecución del proyecto.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar material en los mecanismos de transferencia de calor, que tenga pesos relativamente bajos, a fin de que la estructura en donde éstos se instalan no presenten grandes dimensiones y de alguna manera modifique la arquitectura de la oficina administrativa a climatiza con sistema de aire acondicionado por absorción.

Realizar el mantenimiento periódico preventivo, a fin de revisar la hermeticidad de la instalación, haciendo seguimiento de su funcionamiento, debido a que la fuga del líquido refrigerante no solo deteriora a la instalación, sino que también contribuye a contaminar el medio ambiente.

El ambiente debe permanecer con mejor aislamiento térmico, tanto en las paredes, en el techo como en las puertas y ventana se recomienda cambiar los materiales de fabricación de los ambientes del laboratorio, para disminuir la cesión de calor hacia el exterior.

REFERENCIAS

1. PASQUEVICH, Daniel. LA CRECIENTE DEMANDA MUNDIAL DE ENERGÍA FRENTE A LOS RIESGOS AMBIENTALES Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Argentina, 2016.147.pp.
2. REN 21. Reporte de la situación mundial de las energías renovables. Francia, 2015.32.pp.
3. GONZALES, César. Propuesta de un sistema de refrigeración por absorción para la climatización del edificio administrativo de la termoeléctrica de Felton Instituto Superior Minero Metalúrgico, Cuba, 2014.83.pp.
4. MOTT. Mecánica de Fluidos. México, 2013, 456pp.
5. GARCIA, Javier, Cálculo de la Energía Solar. España, 2012, 67pp.
6. MARTINEZ. Energía Solar en Edificación. Perú, 2013, 65pp.
7. SCHNEIDER ELECTRIC, Eficiencia Energética, Manual de soluciones, 2012.62.pp.
8. OLADE. Organización Latinoamericana de Energía. Quito 2012.12.pp.
9. YUNUS A. CENGEL, Termodinámica. 2011, 1041pp.
10. RAMOS, Alonso. Tesis de Maestría del, titulada “Diseño de un Refrigerador Solar por Adsorción para clima Húmedo Cálido. Instituto Politécnico Nacional, Querétaro. México 2010.135.pp.
11. SINCHE Luján, Juan Manuel; URBINA Polo, José Charly. Diseño y propuesta de un plan de gestión para mejora de la eficiencia energética eléctrica en la empresa Avícola Yugoslavia S.A.C. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Privada del Norte, Trujillo - 2011.98.pp.
12. ARENAS, Andrés, Energía Solar y sus Aplicaciones Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2011.120.pp.
13. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Plan Energético Nacional 2014-2015. Resumen Ejecutivo – 2014. 154.pp ICOGEN, Eficiencia Energética, España, 2010.15.pp.
14. MARCOS DEL CANO, Daniel. Tesis Doctoral: Prototipo de máquina frigorífica de absorción de LiBr/H₂O de doble efecto condensada por aire.

15. Universidad Carlos III de Madrid. España, 2008.111.pp.
16. VELASQUEZ, Juan. Acondicionado Solar, para Conjunto de Viviendas en Mexicali. Universidad Autónoma de Baja California, México. 2008.163.pp.
17. FERNANDEZ. Compendio de Energía Solar. 2008, 35pp.
18. BEER. Mecánica Vectorial para Ingenieros. Estática. México. 2007, 678pp.
19. SHYAM S, NANDWANI. Conceptos básicos y su utilización. Costa Rica: s.n., 2005. 100pp.
20. MEINEL. Aplicaciones de la Energía Solar. Argentina, 2005, 45pp.
21. HOLMEN. Transferencia de Calor. Fenómenos de Transporte. México 1999, 624pp.

ANEXOS

		FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA								
Tipo de Fuente	Libro	<input type="checkbox"/>	Revista	<input type="checkbox"/>	Manual	<input type="checkbox"/>	Norma	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>
Nombre de la Fuente										
Nombre del Documento										
Título / Asunto										
Volumen										
Tomo / Legajo										
Folio / Página										
Lugar y Fecha del Doc										
Autor										
Ubicación de la Fuente										
CONTENIDO										